УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

ГЕОГРАФСКИ ФАКУЛТЕТ

Горица Б. Станојевић

АТМОСФЕРСКА ЦИРКУЛАЦИЈА КАО ФАКТОР ПРОСТОРНЕ РАСПОДЕЛЕ ТЕМПЕРАТУРА ВАЗДУХА И ПАДАВИНА У СРБИЈИ

докторска дисертација

Београд, 2016

UNIVERSITY OF BELGRADE

FACULTY OF GEOGRAPHY

Gorica B. Stanojević

ATMOSPHERIC CIRCULATION AS A FACTOR OF SPATIAL DISTRIBUTION OF AIR TEMPERAURE AND PRECIPITATION IN SERBIA

Doctoral Dissertation

Belgrade, 2016

Ментор:

Др Владан Дуцић, редовни професор
Универзитет у Београду, Географски факултет

Чланови комисије:

Датум одбране докторске дисертације:

____________________ Београд

АТМОСФЕРСКА ЦИРКУЛАЦИЈА КАО ФАКТОР ПРОСТОРНЕ РАСПОДЕЛЕ ТЕМПЕРАТУРА ВАЗДУХА И ПАДАВИНА У СРБИЈИ

Резиме

У раду је анализиран утицај циркулације атмосфере на температуре ваздуха и падавине на простору Србије. Циркулација атмосфере је веома сложен комплекс физичких механизама којима се обавља размена ваздушних маса на Земљи и као таква представља значајан фактор расподеле вредности климатских елемената на одређеном простору. Типологије циркулације атмосфере омогућавају сагледавање њених особина и анализу утицаја на време и климу. Познавање одлика учесталости и постојаности циркулационих типова је веома важно у студијама климатске варијабилности. Постоји велики број различитих типологија и задатак овог истраживања је одабир најпогоднијих за анализу температурних и падавинских услова у Србији. Стандардизација различитих типологија са истим класификованим подацима, на истом простору и са истим бројем типова омогућава упоредивост различитих каталога циркулационих типова чиме је олакшан њихов одабир у даљем истраживању. У овом раду каталози циркулационих типова су изведени применом класификационог софтвера *Cost733class-1.2* и део су базе каталога *Cost733cat v2.0*. Класификоване су дневне вредности ваздушног притиска на нивоу мора (MSLP) посебно и заједно са висином геопотенцијалног поља од 500 hPa (Z500) за Северно-атлантско-европски сектор (домен Европа) и за простор Југоисточне Европе са Балканским полуострвом у средишту (домен ЈИ Европа), при чему је број типова 9, 18 и 27. Извор података за ваздушни притисак је ERA-40 Re-analysis, док су за простор Србије коришћени подаци са 30 станица за дневне вредности температура ваздуха и падавина. Анализиран је период 1961-2000. година. Одабир каталога чији типови најбоље стратификују дневне температурне и падавинске догађаје на простору Србије је извршен применом статистичких индекса како би се издвојили они код којих је варијанса догађаја унутар типова најмања могућа, док је између типова највећа могућа. Најбољи резултати су добијени за типологије код којих су типови производ примене методе анализа главних компоненти, при чему је

класификација обављена применом нехијерархијске k-means кластер методе. Предност имају каталози код којих су типови настали класификовањем MSLP и Z500 у односу на то када се класификује само MSLP. И домен Европа и домен ЈИ Европа пружају довољно информација за анализу просторно-временске варијабилности температура ваздуха и падавина у Србији. У погледу броја типова најоптималнији резултати се добијају за каталоге са 18 типова. Препознати су циркулациони услови који су у вези са дневним вредностима температура ваздуха и падавина изнад или испод просека, односно „умереним” условима. Такође, издвојени су типови са највећом ефективношћу за екстремне догађаје.

Просторна расподела температура ваздуха и падавина у Србији је анализирана применом геостатистичке методе интерполације – регресиони кригинг. Проблематика климатске „спацијализације” са циркулацијом атмосфере као главном експланаторном варијаблом значајно доприноси у анализи просторне расподеле климатских елемената, о чему сведоче и резултати ове студије. Поред циркулације атмосфере, разматран је и утицај географске ширине и дужине, надморске висине, као и удаљеност од извора влаге у случају падавина. За температуре ваздуха, у највећем броју циркулационих типова, надморска висина има доминантан утицај на просторну расподелу, док у случају падавина, просторна расподела је у великој мери одређена правцем из кога долазе ваздушне масе, односно удаљеношћу од извора влаге.

Поред просторне, разматрана је и временска компонента варијабилности – тренд посматраних варијабли. Утврђено је да се промене у температурама ваздуха и падавинама на простору Србије могу довести у везу са променама у учесталости и постојаности циркулационих типова. Значајност тренда временских серија је тестирана применом Ман-Кендал теста са Сеновом оценом нагиба линеарног тренда.

На основу свих добијених резултата закључује се да: а) циркулација атмосфере је значајан фактор просторно-временске варијабилности температура ваздуха и падавина на територији Србије, б) у Србији постоји регионални аспект

климатских промена условљен одликама циркулације атмосфере и в) примена каталога циркулационих типова омогућава проширење сазнања о просторно-временској димензији колебања климе на одређеном простору.

Кључне речи: циркулација атмосфере, каталози циркулационих типова, Србија, дневне температуре ваздуха, дневне падавине, климатска „спацијализација”, геостатистичке методе интерполације, колебање климе

Научна област: Географија
Ужа научна област: Физичка географија
УДК: 910 : 911.2 (551.58)

ATMOSPHERIC CIRCULATION AS A FACTOR OF SPATIAL DISTRIBUTION OF AIR TEMPERATURE AND PRECIPITATION IN SERBIA

Summary

This study explores the impact of atmospheric circulation on air temperatures and precipitation on the territory of Serbia. Atmospheric circulation represents the complex of physical mechanisms by which exchange of air masses on the Earth is done and it is a factor of spatial distributions of climate parameters in certain area. Typologies of atmospheric circulation patterns are very useful tools in climate studies for analysis the features of atmospheric circulation and for evaluation of its impact on weather and climate. The study of the changes in frequency and persistency of circulation types is very important for understanding of climate variability. There is a large number of typologies and the aim of this research is to select the most suitable for the analysis of temperatures and precipitation conditions in Serbia. In order to choose the best typology it is necessary to standardize various classification methods with the same classified data, for the same spatial domains, and with uniform number of types. In this study, catalogues of circulation types are produced using the classification software *Cost733class-1.2* and they are contained in *Cost733cat v2.0* database of catalogues. Daily values of mean see level pressure (MSLP) are classified separately and together with 500 hPa geopotential high (Z500) for North-Atlantic-European region (domain Europe) and for Southeastern Europe with Balkan Peninsula in central part (domain SE Europe). The number of types is 9, 18, and 27 and the source for air pressure data is ERA-40 Re-analysis. Daily air temperatures and precipitation from 30 stations in Serbia are used. The research period is 1961-2000. Selection of catalogs of circulation types which have the best ability to stratify daily temperature and precipitation events on the territory of Serbia was carried out using the statistical indices in order to select those with lowest values of variance within types, while the highest possible between types. The best scores have typologies in which types are produced by Principal Component Analysis and classification is done by non-hierarchical k-means cluster analysis. Better results are when the types are based on MSLP and Z500 data compared to MSLP data only. Both classified spatial domains (Europe and SE Europe) provide enough

information for exploring spatio-temporal variability of temperature and precipitation in Serbia. The catalogs with 18 types show better results compared to those with 9 and 27 types. Circulation types which represent synoptic conditions related to moderate, under or over average temperature and precipitation conditions are recognized. Also, types with high efficiency for extreme events are isolated.

Spatial distribution of air temperatures and precipitation in Serbia is analyzed using geostatistical interpolation method – Regression Kriging. It is shown that climate ”spatialisation” with atmospheric circulation as a leading predictor improves the understanding of spatial variability of climate paremeters. Beside the atmospheric circulation, a few additional predictors are explored: latitude and longitude, altitude and distance from the water sources, especially for precipitations. According to results, in case of many circulation types, the most dominant factor in spatial distribution of air temperatures is altitude, and the trajectories of air masses and distances from water sources are the most significant in spatial distribution of precipitation in Serbia.

The variability of time series (trend) was also subject of this study. The results show that changes in temperatures and precipitation are related to changes in frequencies and persistency of circulation types. The Mann-Kendal test is used to determine significance of trend and Sen's estimator for linear slope rate.

According to the all obtained results in this research, it could be concluded: a) atmospheric circulation is significant factor of spatio-temporal variability of air temperatures and precipitation on the territory of Serbia, b) there is regional aspect of climate change on the territory of Serbia under the influence of atmospheric circulation, and c) application of catalogs of circulation types extends the knowledge about spatio-temporal dimensions of climate fluctuations in a particular area.

Key words: atmospheric circulation, catalogues of circulation types, Serbia, daily air temperatures, daily precipitation, climate ”spatialisation”, geostatistical interpolation methods, climate change

Scientific field: Geography
Field of Academic Expertise: Physical Geography
UDK: 910 : 911.2 (551.58)

САДРЖАЈ

1. УВОДНА РАЗМАТРАЊА О ПРОБЛЕМУ И ПРЕДМЕТУ ИСТРАЖИВАЊА

Циркулација атмосфере је значајан климатски фактор. На простору Србије, време и клима су првенствено одраз особености опште циркулације атмосфере изнад нашег подручја и околних области (Radinović, 1981). Истраживање утицаја циркулације атмосфере на регионалну и локалну климатску варијабилност има просторно-временску димензију. Типологије циркулације атмосфере су често коришћене у студијама повезаности и утицаја синоптичких услова на временске и климатске прилике (Jacobeit et al., 2003; Beck et al., 2007; Tveito, 2010; Jacobeit, 2010), али и истраживања различитих физичких појава и процеса у животној средини (Sheridan, 2002; Müller et al., 2003; Stefan et al., 2010; Rasilla et al., 2010; Kyselý and Huth, 2010). Такође, препознате су и као користан алат у истраживању климатских промена, односно климатских услова у прошлости, савремених колебања климе, али и у прогностичким климатским моделима, и представљају специфично истраживачко поље унутар синоптичке климатологије (Yarnal, 1993; Yarnal et al., 2001; Cahynová and Huth, 2010). Следећи одређена правила, применом класификационог метода поједностављује се природни комплекс особина циркулације атмосфере у дискретне категорије – циркулационе типове образујући каталоге циркулационих типова (Huth et al., 2008). Првобитно, каталози циркулационих типова су настајали као резултат вишегодишњег осматрања времена и били су засновани на субјективном расуђивању прогностичара, док су данас примат преузели каталози настали компјутерским моделовањем великог броја физичких параметара помоћу различитих статистичких метода. Гридирана поља ваздушног притиска представљају најчешће коришћен улазни податак, односно улаз у метричкој скали који се применом одређеног метода преводи у временске серије типова, односно номиналну скалу представљену кроз каталог типова (Philipp et al., 2010). Као резултат пројекта *COST-Action 733*[1] *„Harmonization and Application of Weather Type Classification for European regions*" (2005-2010.), насталог из потребе за

[1] www.cost733.com

евалуацијом и компарацијом каталога временских и циркулационих типова на простору Европе, али и са повећањем разноврсности синоптичко-климатолошких истраживања, настала је обједињена база циркулационих каталога *Cost733 cat* (Beck and Philipp, 2010). Сагласно начину на који су циркулациони типови дефинисани, нова концептуална категоризација класификационих метода обухвата неколико група метода: методе са *a priori* дефинисаним типовима и то (1) субјективне или мануалне класификације и (2) методе „прагова" и методе код којих су типови дефинисани у току саме класификационе процедуре (методе које „производе" типове) и то (3) методе базиране на анализи главних компоненти, (4) методе водећих алгоритама и (5) методе оптимизационих алгоритама (Philipp et al., 2010). Атмосферска циркулација се само условно може посматрати као систем са јасно одвојеним и дефинисаним подсистемима, што чини да је и свака њена класификација условна. Тако класификационе категорије губе физичку основу, а њихова улога је поједностављење физичке реалности (Huth et al., 2008). То значи да не постоји апсолутно тачна, правилна класификација атмосфере, већ прилагођена одређеној намени, боља или лошија по одређеним критеријумима (Станојевић, 2010). База *Cost733 cat* омогућава хомогенизацију каталога користећи исте улазне параметре, исти број типова, просторно-временски обухват и наведене групе класификационих метода, стварајући услове за систематичну евалуацију каталога за потребе различитих истраживања. У овом истраживању, климатолошка валидација типологија циркулације атмосфере на простору Србије је базирана на типологијама које као улазни параметар користе ваздушни притисак сведен на ниво мора и висину геопотенцијалног поља од 500 hPa, јединствен број типова (9, 18 или 27 типова) и два просторна домена (Северно-атлантско-европски и просторни домен који обухвата Југоисточну Европу са Балканским полуострвом у средишту).

У синоптичко-климатолошким истраживањима, најчешће се анализира утицај циркулације атмосфере на температурне и падавинске услове на одређеном простору. Месечне, сезонске и годишње вредности температуре ваздуха и падавина су базични климатски индикатори, али су производ веома различитих временских система који појединачно условљавају веома различите временске

услове и тако утичу на губитак информација које анализа са оваквим подацима доноси (Ustrnul, 2006). Рад са дневним вредностима климатских параметара смањује губитак информација који је присутан у анализи са просечним вредностима. Анализа просторне компоненте промене дневних вредности температура и падавина са циркулацијом атмосфере као предиктором подразумева и одабир одговарајућег метода просторне интерполације (Final report, COST Action 719, 2008). Ово је нарочито значајно за умерене географске ширине, где поред географског положаја, надморске висине, удаљености од мора, време и клима су у великој мери условљени одликама циркулације атмосфере. Резултати неколико студија урађених за различите европске регионе истичу значај примене информација о циркулацији атмосфере у климатском картирању (Wilby et al., 1995; Buishand and Brandsma, 1997; Kilsby et al., 1998; Trigo and DaCamara, 2000; Hanssen-Bauer and Førland, 2000; Ustrnul and Czekierda, 2001; Ustrnul, 2006; Tveito, 2007).

У овој студији, циркулација атмосфере се анализира као главна експланаторна варијабла просторне расподеле дневних вредности температуре ваздуха и падавина на простору Србије. Проблематика климатске „спацијализације" користећи циркулационе типове представља релативно ново истраживачко поље чији резултати имају теоријску, али и практичну примену. Такође, многе студије истичу циркулацију атмосфере као најзначајнијег фактора екстремних климатских догађаја на одређеном простору (Domokos et al., 2003; Hellström, 2005; Ustrnul et al., 2010; Lupikasza, 2010; Ducić et al., 2012). С тим у вези, посебна пажња је усмерена на екстреме, односно дефинисање циркулационих услова при којима су осмотрене дневне вредности температура ваздуха и падавина знатно изнад или испод нормале на простору Србије (апсолутни минимуми и максимуми температуре, сушни периоди и екстремни падавински догађаји). Такође, тематика савременог колебања климе на простору Србије биће анализирана израчунавањем трендова проучаваних варијабли - учесталости и постојаности циркулационих типова са једне стране, односно трендови индикатора температуре ваздуха и падавина са друге стране. Анализиран је период 1961-2000. година.

1.1. Основни циљеви и задаци истраживања

У истраживању утицаја циркулације атмосфере на просторну раподелу температура ваздуха и падавина у Србији постављено је неколико циљева. Сви циљеви су дефинисни како би се потврдиле или одбациле следеће радне хипотезе: *а) основна хипотеза је да у умереним географским ширинама циркулација атмосфере представља значајан климатски фактор, б) примена типологија циркулације атмосфере омогућава проширење сазнања о просторно-временској димензији колебања климе на одређеном простору и в) у Србији, постоји регионални аспект климатских промена условљен одликама циркулације атмосфере.* Први циљ обухвата утврђивање погодности примене типологија циркулације атмосфере у истраживању просторне и временске промењљивости температура ваздуха и падавина у Србији. Затим, идентификација типова циркулације атмосфере који показују најбољу корелацију са дневним вредностима температура ваздуха и падавина на простору Србије, са посебним освртом на екстремне вредности. У другом делу истраживања основи циљ је евалуација и примена метода просторне интерполације у анализираној проблематици. Такође, анализирани су трендови временских серија проучаваних промењљивих у склопу проблематике савременог колебање климе на простору Србије. У завршном делу рада, циљ је представљање могућности примене добијених резултата у истраживању различитих појава и процеса у животној средини.

У складу са наведеним циљевима, издвајају се следећи задаци истраживања:

1. Одабир каталога циркулационих типова које ће се користити у анализи.
2. Одабир метеоролошких станица са којих ће се анализирати подаци.
3. Формирање база података.
3. Компарација каталога применом одабраних статистичких индекса.
4. Оцена погодности каталога у анализи температурних и падавинских догађаја применом одговарајућих статистичих метода.
5. Приказ одлика циркулационих типова који показују најбољу повезаност са температурним и падавинским условима.

6. Одабир и примена метода просторне интерполације са циркулацијом атмосфере као водећим предиктором просторне расподеле температура и падавина.
7. Израчунавање трендова временских серија анализираних променљивих.
8. Представљање могућности примене добијених резултата.

2. ДОСАДАШЊА ИСТРАЖИВАЊА

Потреба да се индивидуални објекти припоје јасно дефинисаним групама, али и као начин препознавања структура у комплексним скуповима података, чини да класификације имају своју примену и у фундаменталним и у примењеним климатолошким истраживањима (Barry and Perry, 1973; Yarnal, 1993). Употреба класификација у климатологији доживљава највећи прогрес са развојем мултиваријационих статистичких метода и то нарочито у пољу циркулације атмосфере кроз два аспекта (Jacobeit, 2010): а) динамички аспект кроз најчешће савремена колебања учесталости и постојаности циркулационих типова, али и за реконтрукцију климе у прошлости, односно у пројекцијама климе у будућности и б) примењени аспект који се огледа у примени циркулационих типова у анализама климатских услова и то најчешће температура ваздуха и падавина. Хронолошки посматрано, развој типологија циркулације атмосфере везан је за субјективне каталоге циркулационих типова који су настали у првој половини 20. века заснивајући се на непосредним опсервацијама прогностичара (нпр. Хес-Брезовски типологија, Ламб типологија, Вангенгајм-Гирсова типологија). Значајан искорак почетком друге половине 20. века представља Лунд типологија (Lund, 1963) означавајући почетак епохе у којој је основни циљ објективизација класификационог процеса. У основи ове типологије је утврђивање Пирсоновог коефицијента корелације између дневних карата расподеле ваздушног притиска на нивоу мора како би се утврдило да ли се одређене расподеле притиска појављују чешће, односно како би се извршило груписање сличних карата у различите типове. Објективни класификациони системи се затим убрзано развијају и следећи значајнији искорак је Кирховер типологија (Kirchhofer, 1974), која је заснована на методи сума квадрата разлика (детаљни опис дат је у одељку 3.3.). Развој рачунара подстиче даљу примену статистичких процедура као што су кластер анализа, анализа главних компоненти, а од недавно све више и метода заснованих на примени вештачке интелигенције (неуронске мреже), а све то укупно, уз развој сетова података високог квалитета и просторно-временске резолуције, њихову примену у синоптичкој климатологији за класификовање облика цикрулације атмосфере. Док субјективне типологије *a priori* дефинишу

типове, објективизација тежи ка груписању објеката у само-генеришуће класе према одређеном статистичком критеријуму (Jacobeit, 2010). Све то је резултирало великим бројем типологија циркулације атмосфере које за класификацију користе различите параметре, различитог су просторно-временског обухвата и имају разлитит број типова (Huth et al., 2006; Huth et al., 2008). Из свега тога је проистекла потреба да се изврши њихова инвентаризација, а потом и систематизација и евалуација за простор европског континента, што је реализовано у оквиру већ поменутог *COST733* пројекта, односно стварањем јединственог класификационог компјутерског програма и базе каталога који су коришћени и у овом истраживању. Претходни пројекат који је ујединио научну заједницу у овој области је ACCORD (од енг. Atmospheric Circulation Classification and Regional Downscaling) у коме су такође сумирана достигућа на пољу типологија цикрулације атмосфере са циљем да се аутоматизују постојеће типологије и развију нове (https://crudata.uea.ac.uk/cru/projects/accord/objects.htm).

Веома важно је напоменути разлику између типова циркулације амтосфере и типова времена: типови циркулације атмосфере се заснивају на подацима о ваздушном притиску (расподели на нивоу мора и/или на различитим висинама у тропосфери), док временски типови укључују и додатне информације о елементима времена, најчешће температурама ваздуха и падавинама (Huth et al., 2008). Израда временских типова је веома захтевна и одређена наменом (нпр. за описивање температурних услова) и простором за који се израђује, па су овакве класификације ређе у односу на типологије циркулације атмосфере, чији је развој подстакнут потребама за применом у студијама које истражују однос циркулација атмосфере-животна средина, при чему се циркулација повезује са елементима времена после класификационог процеса (Philipp et al., 2010). Значајан допринос на пољу класификација временских типова за простор Србије, односно некадашње СФРЈ, су дали радови аутора Čadeža (1964), Dobrilovića (1960, 1978), Lalića (1967) и Radinovića (1981). У новије време у неколико студија је коришћена је Хес-Брезовски типологија за анализу климатске варијабилности на простору Србије (Дуцић и др., 2010а,б). У овој студији је извршен одабир типологија циркулације атмосфере (укључујући и субјективне и објективне методе) које

најбоље описују просторно-временску варијабилност температура ваздуха и падавина у Србији.

Као што је већ напоменуто у уводном делу, климатска „спацијализација“ користећи циркулационе типове представља релативно ново истраживачко поље. Термин „спацијализација” није прецизно дефинисан у литератури и може се дефинисати као: „Скуп метода које описују зависност суседних података у једном скупу података у типичном Картезијанском координатном систему. У ширем контексту спацијализација се може схватити као просторна анализа којом се из постојећих информација могу извести нове информације” (Final report, COST Action 719, 2008). Применом различитих техника интерполације до сада је урађено неколико студија у којима је анализирана просторна расподела температура ваздуха и падавина применом типова циркулације атмосфере као предиктора за неколико европских држава (Kylsby et al., 1998; Biau et al., 1999; Trigo and DaCamara, 2000; Tveito, 2002; Ustrnul, 2006; Tveito, 2007). Генерално, анализа просторне расподеле временских и климатских параметара је веома отежана самом природом метеоролошких опсервација које произилазе из мерења ограничених на одређене тачке у простору (метеоролошке станице). Због тога се код извођења просторне интерполације разматра географска ширина и дужина, надморска висина, али и бројни фактори који утичу на особености локалног климата, као што су морфометријске одлике терена, близина водених објеката, одлике вегетационог покривача, коришћење земљишта итд. Развој географског информационог система (ГИС-а) омогућава примену гео-референцираних варијабли и параметара чиме су значајно олакшане просторне анализе у метеорологији и климатологији (Dobech et al., 2001). У последње време расте број студија у којима се применом различитих техника укључује све већи број фактора у циљу побољшања приказа расподеле климатских елемената на простору Србије (Luković et al., 2014; Bajat et al., 2015; Миловановић и др., 2015). Ова студија представља корак даље у добијању нових сазнања о просторној расподели температура ваздуха и падавина у Србији са циркулацијом атмосфере као водећим предиктором.

3. ТЕОРИЈСКО-МЕТОДОЛОШКИ ОКВИР ИСТРАЖИВАЊА

У оквиру овог поглавља представљена је теоријско-методолошка основа истраживања и то кроз просторно-временски обухват истраживања (одељак 3.1.), коришћене податке за температуре ваздуха и падавине (одељак 3.2.), опис типологија циркулације атмосфере (одељак 3.3.) и методологије компарације каталога цикрулационих типова (одељак 3.4.), затим методологије која је примењена у одабиру каталога који ће бити коришћени у анализи температура ваздуха (одељак 3.5) и падавина (одељак 3.6.) и у анализи екстремних догађаја (одељак 3.7.), као и методологије којом је урађена просторна интерполација температура и падавина са циркулацијом атмосфере као главним предиктором (одељак 3.8.).

3.1. Просторно-временски оквир истраживања

Анализирана је просторна расподела температура ваздуха и падавина у Србији при различитим синоптичким условима. Фактор доступности и расположивости података је одредио избор станица, при чему су у највећем броју анализирани подаци са синоптичких станица које су релативно равномерно заступљене на простору Србије. У временској резолуцији, дневни ниво је основна јединица посматрања. Рад са дневним вредностима омогућава анализу свих оних ситуација које се губе у изведеним месечним, сезонским или годишњим вредностима климатских елемената. У погледу циркулације атмосфере посматрана су два нивоа – просторни домен континенталних размера тј. Европа и Северни Атлантик и просторни домен знатно мањих размера који обухвата простор Југоисточне Европе са Балканским полуоством у средишњем делу. Анализа је урађена за период 1961-2000. година што је условљено дужином низа за податке о ваздушном притиску на коме се базирају класификације циркулационих типова. Сви графички прилози у раду у којима је представљена просторна расподела ваздушног притиска за циркулационе типове су приказани у координатном систему WGS 84, без примене картографске пројекције. Како би се задржала униформност, тај принцип је примењен и на све остале графичке прилоге у раду.

3.2. Коришћени подаци − дневне температуре ваздуха и падавине

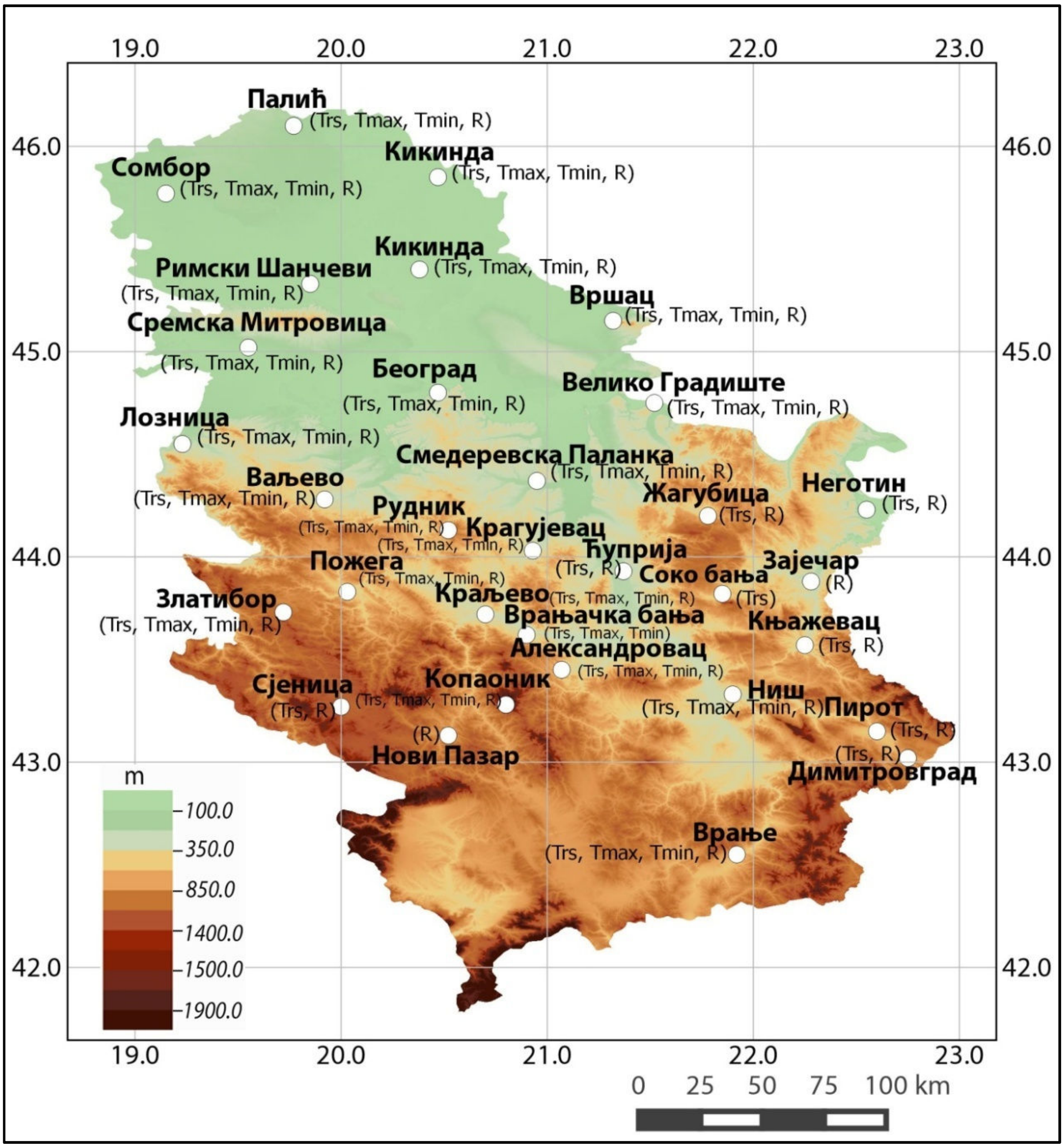
Преглед станица са којих су коришћени подаци о температурама ваздуха и падавинама дат је у табели 1. Подаци о дневним температурама ваздуха (Tsr) су расположиви за 30 станица, за дневне максималне (Tmax) и минималне (Tmin) температуре ваздуха за 22 станице и за дневне падавине (R) за 30 станица.

Табела 1. Списак станица са географским координатама, надморском висином, информацијом о комплетности низа (у %) за Tsr, Tmax, Tmin и R и информацијом о типу метеоролошке станице (ГЛ – главна, ОБ – обична).

	Станице	г.ш.	г.д.	н. в. (m)	Tsr	Tmax	Tmin	R	Тип станице
1	Палић	46° 06'	19° 46'	102	99,1	99,5	99,5	100	ГЛ
2	Сомбор	45° 46'	19° 09'	87	100	100	100	100	ГЛ
3	Кикинда	45° 51'	20° 28'	81	100	100	100	100	ГЛ
4	Зрењанин	45° 24'	20° 23'	80	87,5	87,5	87,7	100	ГЛ
5	Римски Шанчеви	45° 20'	19° 51'	86	99,9	99,9	99,9	100	ГЛ
6	Вршац	45° 09'	21° 19'	84	90,0	90,0	100	90	ГЛ
7	Сремска Митровица	45° 01'	19° 33'	82	100	100	100	100	ГЛ
8	Београд	44° 48’	20° 28'	132	100	100	100	100	ГЛ
9	Велико Градиште	44° 45'	21° 31'	80	100	100	100	99,9	ГЛ
10	Лозница	44° 33'	19° 14'	121	99,9	100	100	99,9	ГЛ
11	Смедеревска Паланка	44° 22'	20° 57'	121	100	100	100	100	ГЛ
12	Ваљево	44° 17'	19° 55'	176	99,2	99,2	99,1	99,2	ГЛ
13	Рудник	44° 08'	20° 31'	700	76,9	74,1	73,0	86,7	ОБ
14	Неготин	44° 14'	22° 33'	42	100	-	-	100	ГЛ
15	Жагубица	44° 12'	21° 47'	314	88,1	-	-	87,7	ОБ
16	Крагујевац	44° 02'	20° 56'	185	99,9	99,9	99,9	99,9	ГЛ
17	Ћуприја	43° 56'	21° 22'	123	100	-	-	100	ГЛ
18	Зајечар	43° 53'	22° 17'	144	-	-	-	100	ГЛ
19	Пожега	43° 50'	20° 02'	310	100	100	100	100	ГЛ
20	Краљево	43° 43'	20° 42'	215	100	100	100	100	ГЛ
21	Златибор	43° 44'	19° 43'	1028	100	100	100	100	ГЛ
22	Соко Бања	43° 49'	21° 51'	300	90,1	-	-	-	ОБ
23	Врњачка бања	43° 37'	20° 54'	235	97,1	96,4	97,1	-	ОБ
24	Књажевац	43° 34'	22° 15'	250	90,0	-	-	90	ОБ
25	Александровац	43° 27'	21° 04'	360	94,1	93,9	83	94,6	ОБ
26	Ниш	43° 20'	21° 54'	204	100	100	100	100	ГЛ
27	Копаоник	43° 17'	20° 48'	1711	69,6	67,4	67,9	67,7	ГЛ
28	Сјеница	43° 16'	20° 00'	1038	100	-	-	100	ГЛ
29	Пирот	43° 09'	22° 36'	370	90,0	-	-	90	ОБ
30	Нови Пазар	43° 08'	20° 31'	545	-	-	-	97,5	ОБ
31	Димитровград	43° 01'	22° 45'	450	100	-	-	100	ГЛ
32	Врање	42° 33'	21° 55'	432	100	100	100	99,9	ГЛ

За већину станица низови су комплетни или са мањим прекидима. Станице које имају највише недостајућих података су Рудник и Копаоник (табела 1). Постоји више разлога због који су станице са непотпуним низовима разматране: а) укупна дужина посматраног периода обухвата 14610 дана, па и са одређеним

одступањима у комплетности временских серија, узорак је и даље велики, б) не постоји захтев у минималном трајању циркулационих типова (одељак 3.3.), односно свакој дневној вредности климатског параметра парира одређени тип цикрулације атмосфере и в) станице код којих је највеће одступање у комплетности низова су једне од ретких које се налазе на већој надморској висини и самим тим су веома значајне за анализу. Приказ станица на простору Србије је дат на слици 1.



Слика 1. Приказ станица са информацијама о подацима који су коришћени у истраживању.

Извор података је Републички хидрометеоролошки завод Србије. Хомогеност временских серија је тестирана помоћу комјутерског програма RHtestsV4 (Wang, 2008a,b; Wang and Feng, 2013). Тестирана је хомогеност временских серија за Tsr, Tmax, Tmin и R у периоду 1961-2000. година. У свим случајевима утвђена је хомогеност података. Као додатна потврда могу послужити и резултати других студија у којима је применом других тестова такође потврђена хомогеност података за станице које су коришћене у овој студији (Tošić et al., 2014; Knežević et al., 2014; Arsenović et al., 2015; Unakašević and Tošić, 2013; Unkašević and Tošić, 2015; Malinović-Milićević et al., 2015).

У анализи просторне расподеле температура ваздуха и падавина, осим фактора који су одређени математичко-географским положајем станица разматрани су и фактори који су одређени морфологијом простора и удаљеношћу од извора влаге, а који су детаљно описани у одељку 3.8.

3.3. Каталози циркулационих типова

Одабир каталога циркулационих типова који ће се користити у анализи подразумева избор класификационог метода (типологије), једног или више улазних параметара за класификацију, броја типова и просторног домена. У овом истраживању каталози су формирани применом клафикационог софтвера *Cost733class-1.2* и део су базе каталога *Cost733cat v2.0*. Одабрана су два класификациона домена: први домен обухвата простор између 30°-76°N и 37°W-56°E, односно Северно-атлантско-европски сектор (у овом истраживању означен као домен „Европа”), док други домен обухвата простор између 34°-49°N и 7°-30°E, односно простор Југоисточне Европе, укључујући Балканско полуострво са суседним морима (означен као домен „ЈИ Европа”). Анализа са два просторна домена различите величине, треба да укаже на значај информација које они садрже о циркулацији атмосфере тј. особинама циркулације атмосфере различитог просторног обухвата, а у вези су са регионалном и локалном климатском варијабилношћу одређеног простора, у овом случају конкретно територије Србије. На слици 2 су приказани просторни домени коришћени у раду.



Слика 2. Класификациони домени.

У погледу улазних података, односно варијабли које се класификују, разматрана су два случаја: а) гридиране вредности ваздушног притиска сведеног на ниво мора (у овом истраживању означене са MSLP) и б) гридиране вредности ваздушног притиска сведеног на ниво мора (MSLP) и висина геопотенцијалног поља од 500 hPa (ознака Z500). Извор податка за класификоване варијабле је ERA-40 Re-analysis[2]. Просторна резолуција је за први домен (Европа) је 2° x 3° (768 поља грида), а за други (ЈИ Европа) 1° x 1° (384 поља грида). Класификационе методе су подељене у две групе: методе које користе „пре-дефинисане” типове и методе које „производе” типове. У прву групу спадају мануалне (субјективне) методе и методе „прагова”, а у другу методе засноване на анализи главних компоненти, методе водећих алгоритама и методе оптимизационих алгоритама. Поређењем особина циркулационих типова (учесталости и постојаности) насталих применом различитих метода олакшан је избор одговарајућег каталога у даљем

[2] Uppala et al. (2005), The ERA-40 re-analysis. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 131, 2961-3012. Подаци су расположиви за период 01. децембар 1957.- 31. август 2002. године.

истраживању. Такође, рад са униформним бројем типова за сваки класификациони метод (9, 18 или 27) омогућава међусобну компарацију, али и сазнање да ли се број информација о циркулацији атмосфере повећава или смањује са повећањем/смањењем броја типова. Међутим, у неколико случајева постоји одступање у броју типова као последица одлика класификационог метода. Разматрани су сви они каталози код којих постоји одступање ± 3 типа. Временска резолуција свих каталога је дневни ниво. Преглед коришћених типологија (пун назив и ознака) представљен је у табели 2. Уз сваки класификациони метод дат је и број типова по просторним доменима (Европа и ЈИ Европа) и улазним класификационим параметрима (MLSP и MSLP_Z500). Такође, уз сваки класификациони метод дата је и референца у којој је он представљен. Уколико ознака класификационог метода садржи „о" (скраћено од оригинал, нпр. KRZо), то значи да је примењена оригинална класификациона процедура, док каталог без ове ознаке (нпр. KRZ) означава класификациону процедуру која у основи прати оригиналан метод, али са одређеним изменама. Највећа разлика је у претпроцесној обради података (нпр. класификација података над којима јесте/није отклоњен сезоналитет). У случају субјективних типологија просторни домени, као и улазни параметри, на које се односи класификација су непромењиви, односно користе се оригинални каталози циркулационих типова и у већини случајева класификација је изведена за простор Европе.

Подела класификационих метода

Постоји широк спектар приступа и метода за касификовање облика циркулације атмосфере и за све њих су карактеристична два корака: дефинисање типова и додела индивидуалних случајева типовима. У односу на ова два корака, класификације циркулације атмосфере се могу поделити на субјективне (дефиниција типова и додела случајева типовима је производ субјективних одлука), мешовите или хибридне (субјективно дефинисаним типовима се на објективан начин применом одређених математичких процедура додељују типови) и објективне или компјутерски асистиране класификације (применом

нумеричких процедура дефинишу се типови и додељују се случајеви типовима) (Huth et al., 2008).

Табела 2. Преглед коришћених класификационих метода у истраживању са информацијама о броју типова по класификованим параметрима (MLSP и MSLP_Z500) и просторним доменима (Европа и ЈИ Европа), као и водећим референцама за сваки метод.

Класификациони метод			SL		MSLP_Z500		Референце
			Европа	ЈИ Европа	Европа	ЈИ Европа	
			Број типова				
Методе „пре-дефинисаних” типова	Субјективне методе	Хес-Брезовски типологија (GWTo)	11				Baur et al. (1944), Hess and Brezowsky (1952), Gerstengarbe and Wegner (2005)
		Хес-Брезовски типологија (GWLo)	30				
		Објективни Хес-Брезовски систем (OGWLo)	29				James (2007)
		Временски типови Карпатског басена (PECo)	13				Péczely (1957, 1983), Karossy (1994, 1997)
	Методе прагова	Велики временски типови или прототипна класификација (GWT)	8, 18, 27	8, 18, 27			Beck (2000, 2007)
		Џекинсон-Колинсон типови (JCT)	9, 18, 27	9, 18, 27			Jenkinson and Collinson (1977)
		Ламб типови верзија 2 (LWTo)	10, 18, 26	10, 18, 26			Lamb (1959), James (2006)
		Литински типологија (LIT)	9, 18, 27	9, 18, 27			Litynski (1969)
Методе које „производе” типове	Методе базиране на анализи главних компоненти	Круизинга типологија (KRZ)	9, 18, 27	9, 18, 27	9, 18, 27	9, 18, 27	Kruizinga (1979), Buishand and Brandsma (1997)
		Круизинга типологија (KRZo)	8, 18, 27	8, 18, 27			
		Анализа главних компоненти, екстремни скорови (PXE)	10, 17	9, 15	10, 17	9, 18	Esteban et al. (2005, 2006)
		Анализа главних компоненти, екстремни скорови (PXEo)	10, 17	9, 15			
		Анализа главних компоненти у „т-моду”(PCT)	9, 18, 27	9, 18, 27	9, 18, 27	9, 18, 27	Huth (2000)
		Анализа главних компоненти у „т-моду” (PCTo)	8, 18, 26	7, 18, 28			
	Методе базиране на водећим алгоритмима	Класични водећи алгоритам (LND)	9, 18, 27	9, 18, 27	9, 18, 27	9, 18, 27	Lund (1963)
		Кирховер типологија (KIR)	9, 18, 27	9, 18, 27			Blair (1998)
		Ерпикум и Фетваис типологија (ERP)	9, 18, 27	9, 18, 27	9, 18, 26	9, 18, 27	Erpicum et al. (2008), Fettweis et al. (2010)
		Ерпикум и Фетваис типологија (ERPo)	9, 18, 27	9, 18, 27			
		Водећи алгоритам са оптимизираним кључним обрасцима (PTSo)	9, 18, 27	9, 18, 27			Petisco et al. (2005)
	Методе опимизационих алгоритама	k-means са различитим иницијалним центрима кластера (CKM)	9, 18, 27	9, 18, 27	9, 18, 27	9, 18, 27	Enke and Spekat (1997)
		Неуралне мреже са 2d типологијом (NNWo)	9, 18, 27	9, 18, 27			Michaelides et al. (2001, 2007)
		k means са иницијалним центрима кластера добијених анализом главноx компоненти (CAP)	9, 18, 27	9, 18, 27	9, 18, 27	9, 18, 27	Yarnal (1993)
		k means са иницијалним центрима кластера добијених анализом главних компоненти (CAPo)	9, 18, 27	9, 18, 27			
		k-means са иницијалним центрима кластера добијених анализом главних компоненти, екстремни скорови (PXK)	10, 17	9, 15	10, 17	9, 18	Esteban et al. (2005, 2006)
		k- means са иницијалним центрима кластера добијених анализом главних компоненти, есктремни скорови (PXKo)	10, 17	9, 15			
		Метода симулираног каљења (SAN)	9, 18, 27	9, 18, 27	9, 18, 27	9, 18, 27	Philipp et al. (2007)

Philipp et al. (2010) представљају нову концептуалну категоризацију класификационих метода: у односу на то да ли су типови циркулације атмосфере дефинисани пре саме класификације тј. доделе појединачних случајева (нпр. дневних поља ваздушног притиска) припадајућим класама, или су изведени у току самог класификационог процеса извршена је подела класификација на методе које користе „пре-дефинисане" типове и методе које „производе" типове. Први приступ је дедуктивни (од општег ка појединачном), а други је индуктиван (од појединачног ка општем). У случају „пре-дефинисаних" типова присутна је претпоставка о односу између циркулације и површинских временских варијабли као што су температуре и падавине, премда је то ретко експлицитно формулисано. На пример, нарочито за временске прилике у приземљу у Европи је важно да ли је велико-скална циркулација оријентисана меридијално или зонално. Зато „пре-дефинисани" типови праве јасну разлику између ових ситуација што није случај за „произведене" типове.

Методе које користе „пре-дефинисане" типове

Разликују се две групе метода које користе „пре-дефинисане" типове:

а) субјективне или мануалне типологије – методе код којих су на субјективан начин (најчешће субјективно расуђивање прогностичара) дефинисани типови и извршено је додељивање (класификација) случајева типовима.

б) методе „прагова" – методе код којих су субјективно дефинисаним типовима додељивани случајеви применом одговарајућих правила односно „прагова". Методе базиране на праговима се разликују од субјективних само по јасно дефинисаним правима по којима се врши разврставање објеката ка већ дефинисаним типовима.

Субјективне (мануалне) класификације

Субјективне типологије циркулационих типова су засноване на експертском знању о ефекту одређених синоптичких услова (атмосферске циркулације) на површинске климатске варијабле. Главни циљ је издвајање „типичних" догађаја

(појам типичног као оног који је чешћи у односу на друге) и са њима у вези одређених временских услова (Philipp et al., 2010). Међутим, овде је присутно неколико проблема; оптерећеност субјективним одликама које зависе од онога ко ради класификовање, раздвајање различитих ситуација (догађаја) посебно ако је између њих постепен прелаз, класификациони метод се не може пренети на друге регионе, промена оног ко ради класификацију итд. У овом истраживању је коришћено неколико субјективних типологија циркулационих типова (GWLo, GWTo, OGWLo, PECo). У погледу просторних домена и броја типова субјективни каталози задржавају одлике оригиналних каталога.

Хес-Брезовски типологија циркулације атмосфере (енг. Hess-Brezowsky European Grosswetterlagen) представља један од најпознатијих циркулационих каталога за простор европског континента. Првобитно, класификовање макросиноптичких ситуација у односу на простор централне Европе је успоставио Franz Baur (Baur et al., 1944), а наставили су Paul Hess and Helmuth Brezowsky (Hess and Brezowsky, 1952), а потом и Friedrich-Wilhelm Gerstengarbe и Peter Werner (Gerstengarbe and Werner, 2005). Типологија обухвата период од 1881. године, а данас се може по захтеву добити од Немачког националног метеоролошког сервиса (http://www.dwd.de) закључно са 2012. годином. Ова циркулациона класификација у основи разликује 29 макросиноптичких ситуација или Великих временских положаја (нем. Grosswetterlagen, ознака GWL) и један прелазани недефинисан тип (нем. Übergang). Иако су GWL-и дефинисани према географском положају акционих центара и кретању фронталних зона у односу на централну Европу, опште је прихваћено коришћење ове типологије за приказивање особина циркулације атмосфере на простору европског континента. На основу субјективног расуђивања, а према расподели ваздушног притиска у приземљу и геопотенцијалној висини од 500 hPa врши се класификовање облика атмосферске циркулације припадајућим GWL-има. По критеријуму доминантног правца кретања ваздушних маса GWL-и се могу груписати у 3 циркулационе форме (нем. Zirkulationsformen) и то зоналну, полумеридијалну и меридионалну, односно 10 циркулационих типова (нем. Grosswettertypen, ознака GWT). Такође, у основи ове типологије је и да сваки GWL мора трајати најмање 3 узастопна дана.

У овој студији коришћена је Хес-Брезовски типологија са 11 (10 + 1 транзициони) типова (ознака за каталог[3] је GWTo11) и 30 (29+ 1 транзициони) GWL (ознака за каталог је GWLo30). Бројне су студије у којима се користи ова типологија за анализу климатске варијабилности на простору европског континента (Bárdossy and Caspary, 1990; Werner et al., 2000; Kyselý, 2002; Sepp and Jaagus, 2002; Domonkos et al., 2003; Kyselý and Huth, 2008; Cony et al., 2008) укључујући и простор Србије (Дуцић и др., 2010а,б). Дуцић и Станојевић (2010) су анализирали утицај Сунчевог ветра на атмосферску циркулацију користећи Хес-Брезовски типове.

Објективни Хес-Брезовски систем (енг. Objective Grosswetterlagen) састоји се од 29 типова који имају исто значење и номенклатуру као оригинални Хес-Брезовски типови, са разликом да је постигнута већа кохеренција изван Централне Европе у поређењу са оригиналним каталогом и не постоје прелазни недефинисани типови (James, 2007). Расподела дана припадајућим типовима базирана је на корелацији оригиналних GWL-а са композитним картама расподеле ваздушног притиска на нивоу мора и геопотенцијалној висини од 500 hPa. За разлику од оригиналних Хес-Брезовски типова, овде не постоји ограничење у трајању типова. У овом истраживању коришћен је Објективни Хес-Брезовски систем са 29 типова (ознака за каталог је OGWLo29). Ducić et al. (2012) су применили овај каталог у анализи падавинских сума за Црквице (Црна Гора).

Временски типови Карпатског басена (енг. Carpatian basin weather types) је назив за субјективни класификациони метод који је развио мађарски климатолог Gyorgy Péczely (Péczely, 1957). Типологија обухвата 13 типова који се могу сврстати у пет главних група: меридијално-северни типови, меридијално-јужни типови, зонални-западни типови, зонални-источни и централни типови. Типови су дефинисани према правцу кретања ваздушних маса и положају, обухвату и развоју циклона и антициклона у односу на Карпатски басен тј. Панонску низију, а за класификовање се користе дневне мапе расподеле ваздушног притиска на

[3] У овом истраживању ознаке свих каталога се састоје из ознаке за типологију и броја типова који тај каталог садржи.

нивоу мора у Северно-атланском-европском сектору. Најпре је урађен каталог за период 1877-1956. година (Péczely, 1957), а касније је продужен до 1982. године (Péczely, 1983). Класификацију је наставио Csaba Károssy (1987, 1994, 1997, 2004). У овом истраживању коришћена је типологија Временски типови Карпатског басена са 13 типова (ознака за каталог је PECo13). У новије време примена ове типологије је заступљена у студијама које третирају проблематику животне средине (концентрација полутаната и полена у ваздуху) на простору Мађарске (Makra, 2005; Makra, 2006; Makra et al., 2007; Makra et al., 2007). Такође, коришћена је и у анализи климатске варијабилности за Карпатски басен (Bartholy et al., 2009).

Методе „прагова" (THR методе)

У односу на субјективне методе, код метода „прагова" (енг. threshold methods, скраћено THR методе) је присутно постојање правила која се следе при класификовању. Како су типови најчешће дефинисани према правцу кретања ваздушних маса, тј. секторима из којих се крећу ваздушне масе (западни, северни итд.), то се припадност њима најчешће одређује на основу углова између сектора. Примена прагова или правила омогућава и аутоматизацију ових метода, премда у себи и даље садрже субјективне одлике (субјективан суд о праговима, правилима), међутим репродуктивност и могућност аутоматизоване компјутерске обраде података је предност ових метода у односу на субјективне каталоге. У раду је коришћено неколико типологија базираних на методи прагова (GWT, LIT, JCT и LWTo), а анализа је урађена за оба просторна домена. Заједничко за све њих је класификовање ентитета према већ дефинисаним типовима и одређеним правилима (нумерички дефинисани прагови). Типови су производ субјективних класификација (као што су Хес-Брезовски типови, Ламб типови) и у већини случајева су одређени сектором из кога се крећу ваздушне масе и степеном циклонских/антициклонских особина у односу на централни део простора који се посматра.

Велики временски типови или прототипна класификација (енг. GrossWetterTypes or prototype classification) је типологија код које су типови дефинисани према Хес-Брезовски систему, односно типови циркулације атмосфере су дефинисани према степену зоналности, меридионалности и циклонских/антициклонских особина ваздушних маса у односу на простор Централне Европе, при томе користећи расподелу ваздушног притиска на нивоу мора за дефинисање три прототипна облика (нумерички изражена идеализована циркулација правца W-E и N-S, као и расподела изобара нижих вредности ваздушног притиска у централном делу Европе) (Beck, 2000; Beck et al., 2007). На основу коефицијената корелације између прототипова и података који се класификују утврђују се коефицијенти зоналности (Z), меридионалности (M) и циклоналности (V). Из комбинација добијених вредности коефицијената одређује се припадност прототиповима. Из три основне циркулационе форме се даље изводе типови као комбинација вредности за Z, M и V (може се извести 8, 18 и 27 типова). Додељивање случајева типовима се врши на основу Еуклидског одстојања од дефинисаних вредности коефицијената („прагова”) на сваки тип. Ознака за каталоге је GWT8, GWT18 и GWT27.

Литински адвекциони и циркулациони типови (енг. Litynski advection and ciruclation types) су дефинисани према вредностима три индекса који указују на адвекцију ваздушних маса и њихове циклонске, антициклонске и одсуство градијента ваздушног притиска одлике (Litynski, 1969; Pianko-Kluczynska, 2007). Индекси који описују правац кретања (адвекције) ваздушних маса су индекс зоналне и индекс меридијалне циркулације и израчунавају се на основу гридираних вредности расподеле ваздушног притиска на нивоу мора, док се индекс вртложности одређује у односу централну тачку анализираног просторног домена. Припадност типовима се одређује према дефинисаним праговима за сва три индекса за сваки дан у години (израчунати на основу средње вредности и стандарне девијације, доњи (горњи) праг као разлика (збир) средње месечне вредности и месечне стандардне девијације). Добијене вредности за сваки индекс се могу сврстати у једну од три категорије (негативна, индиферентна и позитивна вредност за тај индекс), а њиховом комбинацијом се може извести 9, 18 и 27

типова. Ознака за каталоге је LIT9, LIT18 и LIT27. Обзиром на географско порекло Литински типологије, највише је примењивана у анализи одлика циркулације атмосфере и њеног утицаја на климатске параметре на простору Пољске (Girjatowicz, 2001; Lupikasza, 2010; Nowosad, 2011; Ustrnul et al., 2013).

Ламб временски типови (енг. Lamb-weather types) су класификациони систем за разврставање варијација у ваздушном притиску у односу на простор Британских острва (Lamb, 1972; Hulme and Barrow, 1997). Према Ламб класификационом систему[4], доминантни синоптички услови се разврставају у један од 10 типова: 8 дирекционих типова (одређени доминантним правцем кретања ваздушних маса) и 2 типа одређена степеном вртложности (циклонским/антициклонским одликама ваздушних маса). Џекинсон-Колинсон циркулациони типови (енг. Jekinson-Collinson-Types) представља објективну варијанту Ламб система изведену на основу гридираних података расподеле вредности ваздушног притиска на нивоу мора са проширеним бројем типова[5] (Jenkinson and Collinson, 1977). Ознаке за каталоге су JCT9, JCT18 и JCT27. Ламб временски типови верзија 2 (енг. Jenkinson-Collinson-Types "Lamb Weather Types 2") представља модификовану верзију Џекинсон-Колинсон типова са развијеним алгоритмом који се може преносити на различите просторне домене (James, 2006). Припадност типовима се одређује на основу прагова (енг. vorticity-flow ratio thresholds) при чему се за сваки дан израчунава правац, јачина и вртложност ваздушних маса користећи гридиране вредности ваздушног притиска на нивоу мора (на основу ERA40 Re-analysis). У односу на JCT типологију, прагови су подешени тако да у односу на укупан број класификованих дана, по 33% случајева спада у категорије антициклонских, прелазних и циклонских догађаја, а да при томе нема некласификованих дана. Ознаке за каталоге су LWTo10, LWTo18 и LWTo26. Ламб типови су коришћени у бројним студијама у анализи температурних и падавинских догађаја (Paredes et al.,

[4] Каталог Ламб временских типова обухвата период од 1861. године до фебруара 1997. године. Аутор каталога је Hubert H. Lamb. Класификацијом је обухваћено и неколико периода пре 1861. године (Lamb, 1991).

[5] Новија верзија Џекинсон-Колинсон каталога циркулационих типова обухвата период од 1871. године и користи за класификацију два сета података - 20CR за период 1871-1947. и NCEP Re-analysis за период од 1947. године (Jones et al., 2013).

2006; Vicente-Serrano et al., 2011, Cortesi et al., 2013), одликама циркулације атмосфере (Ramos et al., 2010, Lorenzo et al., 2011a), као и специфичним анализама, као што је загађеност ваздуха (Demuzere et al., 2009a), квалитет вина (Lorenzo et al., 2011b), оптичке непогоде (Ramos et al., 2011). Примена Џекинсон-Колинсон каталога је адаптирана за Иберијско полуострво (Goodess and Palutikof, 1998; Trigo and DaCamara, 2000).

Методе које „производе" типове

Методе које „производе" типове се заснивају на примени различитих математичко-статистичких процедура како би се идентификовале „структуре" у скуповима података. Генерално, издвајају се три групе метода: а) класификационе методе које се базирају на анализи главних компоненти (ознака за ову групу метода је PCA), б) методе водећих алгоритама – методе које имају за циљ издвајање водећих образаца у скупу података на основу броја ентитета сличних са њима, а у оквиру одређене дистанце (ознака за ову групу метода је LDR) и в) методе оптимизације код којих је циљ минимизирање варијабилности унутар типова применом различитих класификационих приступа од којих се већина базира на k-means кластер анализи (ознака за ову групу метода је OPT).

Методе базиране на Анализи главних компоненти (PCA методе)

Сам назив ове групе метода упућује да је у њеној основи мултиваријациона техника анализа главних компонети. У класификационој процедури се издвајају два корака: а) примена анализе главних компоненти у циљу издвајања главних компоненти у основном скупу које објашњавају највећи део варијабилитета скупа података и б) класификација података додељивањем случајева главним компонентама према одређеном правилу које се разликује зависно од класификационог метода. Такође, важно је напоменути постојање „модова" у анализи главних компоненти који се фундаментално међусобом разликују (Richman, 1981). Код c-мода, скорови временских серија су најважнији показатељи варијабилности у времену, док оптерећења указују на просторни

опсег у којима су временске серије реализоване. У т-моду је обрнуто, скорови указују на просторне обрасце, док оптерећења указују на њихову укупну реализацију у времену. Упрошћено, у с-моду редови су опсервације по данима, а колоне тачке грида. У т-моду редови су тачке грида, а колоне опсервације по данима. У раду је коришћено неколико класификационих типологија које припадају овој групи метода (ознаке за типологије су PCT, PCTo, KRZ, KRZo, PXE и PXEo).

Анализа главних компоненти у т-моду (енг. obliquely rotated PCA of subsamples in T-mode) се састоји се неколико корака (Huth, 1993; Huth, 2000). Основни скуп података се дели на десет подскупова што резултира исто толиким бројем класификација. Анализа главних компоменти се примењује на сваки подскуп података, а подаци се класификују тако што је сваки ентитет додељен компоненти за које има највеће факторско оптерећење. У процесу издвајања компоненти урађена је коса ротација применом Харис-Кајзер метода. У финалном кораку се издваја класификација која има највећу сагласност са осталим класификацијама. Типологија је примењена и на варијаблу MSLP и на варијабле MSLP_Z500. Ознаке за коришћене каталоге су PCT9, PCT18 и PCT27.

Круизинга типологија (енг. Kruizinga empirical orthogonal function types) се базира на анализи главних компоненти у с-моду (Kruizinga, 1979; Buishand and Brandsma, 1997). У оригиналном методу који је развијен на Холандском Краљевском Метеоролошком Институту у претпроцесној обради података уклољен је сезоналитет. Сваки дан је представљен обрасцем: $p_t \approx s_{1t}a_1 + s_{2t}a_2 + s_{3t}a_3$, где је $t = 1,....., N$, при чему је N укупан број дана; a_1, a_2 и a_3 су ајгенвектори прве три главне компоненте; s_{1t}, s_{2t}, и s_{3t} су факторски скорови. Карактеристично је да су ајгенвектори израчунати на основу матрице производа (а не матрице коваријанси). Амплитуде скорова прве три компоненте (које представљају зоналност, меридионалност и циклоналност) су представљене кроз три интервала, n_1, n_2 и n_3. Сваки дан је прикључен једној од $n_1 \times n_2 \times n_3$ могућих комбинација. У оригиналној методологији постоје по три комбинације интервала за сваку компоненту (што значи укупно 3 x 3 x 3 = 27 типова, премда може се комбиновати

број интервала). Оригинално тумачење према меридионалној, зоналној и циклонској компоненти није увек примењљиво, односно зависи од просторног домена и локације улазних података. Типологија је примењена и на варијаблу MSLP и на варијабле MSLP_Z500. Ознаке за коришћене каталоге су KRZ9, KRZ18 и KRZ27.

Анализа главних компоненти екстремни скорови (енг. Principal componet analysis extreme scores) представља типологију која се састоји у примени анализе главних компоменти у с-моду, са Варимакс методом ротације (Esteban et al., 2005; Esteban et al., 2006). За дефинисање типова је коришћен критеријум екстремних скорова односно типови су представљени главним компонентама којима су припојени ентитети са високим апсолутним вредностима скорова за ту компоненту и фазу (изнад 2 или испод -2), док у исто време имају ниске вредности (од -1 до 1) за остале компоненте. Центроиди типова су израчунати као просечне вредности скорова ентитета који су им додељени, а класификација осталих података је рађена на основу најкраћег Еуклидског растојања од центроида. Типологија је примењена и на варијаблу MLSP и на варијабле MSLP_Z500. Обзиром да се разликују по броју типова зависно од класификоване варијабле и просторног домена ознаке за каталоге су PXE10 и PXE17 (MSLP, домен Европа), PXEo9 и PXEo15 (MSLP, домен ЈИ Европа), PXE10 и PXE17 (MSLP_Z500, домен Европа) и PXE9и PXE18 (MSLP_Z500, домен ЈИ Европа).

Методе водећих алгоритама

У основи метода водећих алгоритама је издвајање водећих образаца (енг. key pattern, leader pattern) у скупу података. Водећи обрасци се препознају као ентитети са централном позицијом и мноштвом других ентитета око њих. У раду је коришћено неколико типологија из ове групе (LND, ERP и ERPo, KIR и PTSo).

Класични водећи алгоритам (енг. Classical leader algorithm) је типологија коју је развио Iver A. Lund (1963) и базира се на израчунавању Пирсоновог коефицијента корелације између свих дана тј. парова дана (сваки дан је представљен пољем расподеле притиска) и пребројавању за сваки дан у колико случајева је

коефицијент корелације са осталим данима већи од 0,70. Први тип (водећи облик) је одређен даном код кога је овај број највећи. Затим се он, као и дани са којима он има већи коефицијент корелације од 0,70 издваја из сета података и цео поступак се понавља све док сваки дан не пронађе свој водећи дан (облик, алгоритам). Типологија је често коришћена и има велики значај у развоју синоптичке климатологије. У овом раду је примењена и на варијаблу MSLP и на варијабле MSLP_Z500. Ознаке коришћених каталога у раду су LND9, LND18 и LND27.

Ерпикум и Фетвајс типологија (енг. Erpicum and Fettweis) се базира на утврђивању сличности између парова дана на основу посебно осмишљеног индекса сличности и прага дистанце за издвајање водећих образаца (Fettweis et al., 2010). У оригиналној процедури подаци су нормализовани (средња вредност 0, стандардна девијација 1). Индекс сличности представља апсолутну разлику између два грида и има вредност 1 ако је површина поређена сама са собом, односно мању вредност од 1 што је већа разлика између две површине (два дана). Укупан број водећих образаца (типова) дефинише корисник, док праг дистанце (према коме се одређује припадност ентитета типовима) се прогресивно смањује код наредних типова. Алгоритам по коме се смањује вредност прага дистанце базира се на вредности S скора, односно у почетку је фактор за који се врши умањење прага 0, а затим се смањује за по 0,005 све док се не постигне минимална вредност од S скора, што подразумева одређени број понављања класификационог процеса чинећи овај метод временски захтевним. Типологија је примењена и на варијаблу MSLP и на варијабле MSLP_Z500. Ознаке за каталоге су ERP9, ERP18 и ERP27. Једино у случају варијабли MSLP_Z500, домен Европа, ознака за каталог је ERP26.

Кирховер типологију (енг. Kirchofer types) иницијално је развио швајцарски метеоролог Water Kirchhofer (1974). Оригиналан метод се базира на сумама квадрата разлика у дистанцама између нормализованих вредности гридних тачака (у циљу добијања типологије која је у мањој или већој мери ослобођена сезоналитета) и субгридих поља (како би се издвојили региони у којима су разлике највеће), а све у циљу одређивања сличности између два грида (расподеле

ваздушног притиска за два дана). Водећи обрасци су израчунати на основу мањег броја ентитета који показују висок степен сличности. Праг сличности се дефинише сумом квадрата разлика испод или изнад које се два облика могу сматрати сличним (узета вредност за праг је 2). Сваки ентитет је додељен водећем обрасцу са којим има најмању сума квадрата разлика дистанци између гридних и субридних тачака. Оригиналана методологија је модификована тако што су за субдомене одређени редови и колоне у гридовима у циљу да се осигура препознавање најсличнијих облика (Yarnal, 1984). Такође, измене се односе и на поступак нормализације података, односно нормализација података у субгридовима се врши на основу средње вредности и стандардне девијације за тај субгрид, а не цело поље како је то у оригиналном методу (Blair, 1998). Такође, уместо Кирховеровог скора (прага сличности) уводи се линеарни коефицијент корелације, а за праг дистанце је одређена вредност од 0,4 побољшавајући на тај начин сам метод, односно његову способност да идентификује сличне дане. Код формирања основних облика су узимани дани између којих је разлика ± 5 дана како би се избегла временска зависност. Типологија је примењена на варијаблу MLSP. Ознаке за коришћене каталоге су KIR9, KIR18 и KIR27.

Као прелазна варијанта између водећих алгоритама и алгоритама оптимизације, издваја се **Водећи алгоритам са оптимизираним кључним обрасцима** (енг. leader algorithm with optimized key patterns) где се такође користи Пирсонов коефицијент корелације за издвајање водећих типова (праг за коефицијент корелације је 0,90), односно првобитно се издвајају водеће групе чији се центроиди прерачунавају додељивањем нових чланова, а из њих водећи типови, како би се постигао оптималан број чланова унутар сваке групе/типа (Petisco et al., 2005). Типологија је примењена на варијаблу MLSP. Ознаке за коришћене каталоге су PTSo, PTSo 18 и PTSo 27.

Методе оптимизационих алгоритама (OPT методе)

Методе оптимизационих алгоритама представљају скуп различитих математичко-статистичких процедура чијом се применом у процесу класификације добијају

типови код којих је постигнута оптимална варијабилност унутар класа. Дисперзија података унутар класе се изражава на основу Еуклидског одстојања између ентитета који припадају једној класи. У основи многих класификационих алгоритама који припадају овој групи је нехијерархијска k-means кластер метода са унапред дефинисаним бројем кластера. Сваким додељивањем енетитета класама прерачунавају се центроиди кластера и врши се њихова прерасподела по кластерима како би се постигла што већа хомогеност унутар њих. Оваква процедура подразумева бројне итерације. У раду је коришћено неколико класификационих метода из ове групе (ознаке за типологије су СКМ, САР, САРо, PXK, PXKo, SAN и NNWo).

K-means са различитим иницијалним центрима кластера (енг. k-means by dissimilar seeds) је типологија код које се за иницијални центар првог кластера случајним путем бира један ентитет, затим за иницијални центар другог кластера бира ентитет који показује највеће разлике са иницијалним центром првог кластера, док иницијални центар трећег кластера је ентитет који има највећу суму дистанци према прва два иницијална кластера и тако даље, док сваки кластер не добије свој иницијални центар (Enke and Spekat, 1997). У следећем кораку врши се класификација и са сваким придруживањем енетитета кластеру врши се прерачунавање центроида тако да финални кластери губе сличност са почетним. Додељивање ентитета кластерима се врши према нормализованој вредности Еуклидске дистанце. Уколико класа садржи мање од 5% свих дана, њени ентитети се придружују другима класама. Типологија је примењена и на варијаблу MLSP и на варијабле MSLP_Z500. Ознаке коришћених каталога су СКМ9, СКМ18 и СКМ27.

K-means са иницијалним центрима кластера који су производ примене хијерархијске кластер анализе и анализе главних компоненти (енг. k-means by seeds for hierarchical cluster analysis of principal components) је типологија која у претпроцесној обради података обухвата неколико корака: улазни подаци су покретни просеци у циљу отклањања сезоналитета, затим следи примена анализе главних компонети у s-моду са Варимакс ротацијом корелационе матрице и

издвајање факторских скорова који ће се даље класификовати (Hewitson and Crane, 1992; Yarnal, 1993). Примени k-means класификације факторских скорова претходи примена хијерархијске кластер анализе (Вардов метод) ради утврђивања оптималног броја кластера. Типологија је примењена и на варијаблу MLSP и на варијабле MSLP_Z500. Ознака каталога је CAP9, CAP18 и CAP27.

K-means са иницијалним центрима кластера који су излаз из анализе главних компонети (енг. k-means using PCA derived seeds) је типологија у којој се почетни кластери формирају применом PXE типологије, а разврставање по класама применом k-means методе. Типологија је примењена и на варијаблу MLSP и на варијабле MSLP_Z500. Овде такође постоје разлике у броју типова, па су и ознаке каталога тим условљене: PXK10 и PXK17 (MLSP, домен Европа), PXKo10 и PXKo15 (MLSP, домен ЈИ Европа), PXK10 и PXK17 (MSLP_Z500, домен Европа) и PXK10 и PXK17 (MSLP_Z500, домен ЈИ Европа).

Симулирано каљење и насумично разврставање (енг. simulated annealing and diversified randomization) представља типологију која за циљ има смањење конвергирања података ка локалном оптимуму односно постизање глобалног оптимума (Philipp et al., 2007). У основи овог метода су две процедуре које се примењују у току k-means класификације. Прва је симулирано каљење која се базира на успостављању почетног решења које се затим замењује бољим, али се може заменити и лошијим уз одговарајућу вероватноћу. Вероватноћа прихватања лошијег решења опада како алгоритам напредује све до успостављања глобалног оптимума. Друга процедура је насумично разврставање података и има за циљ смањење конвергирања података ка локалном оптимуму, тако што ће се анализа више пута урадити са случајно креираним почетним сетовима података. Обједињене процедуре се заснивају на разврставању случајно изабраних ентитета по кластерима, а затим се врши њихова „погрешна” прерасподела по кластерима са одговарајућом вероватноћом P која се смањује са сваком новом прерасподелом, све док се не добију класе са најмањом варијансом. Цео поступак се понавља 1000 пута, при чему се сваки пут врши над случајно изабраним почетним скуповима података. Класификација са најмањом унутар типова варијансом се бира као

најбоље решење. Типологија је примењена на улазне параметре MLSP и MSLP_Z500. Ознаке за каталоге коришћене у овом раду су SAN9, SAN18 и SAN27.

Неуронске мреже или самоорганизујуће мапе (енг. Neural Network Self-Organizing Feature Maps) у основи представљају математички модел биолошког система, слично људском мозгу са неуронима. Типологија се заснива на ненадгледаном учењу (без информација о понашању система) са два неуронска слоја (лејера) - улазним и излазним (Michaelides et al., 2001; Michaelides et al., 2007). Сваки улазни податак је преко одређеног тежинског коефицијента (који је у почетку случајно израбран и има малу вредност) повезан са излазним неуроном. Излазни неурон чији је тежински коефицијент најсличнији са улазним неуроном (сличност је одређена најмањом вредношћу Еуклидског одстојања) је израбран за водећег и према њему се тежински коефицијенти тог и суседних неурона коригују како би се постигла већа сличност међу њима. Кориговање тежинских коефицијента се врши преко тзв. коефицијента учења који се смањује ка нули са процесом учења. Цео поступак се понавља у одређеном броју епоха (у овом случају број епоха је 2000), односно док се не постигне формирање унутрашњих контрукција које покривају правилности у улазним подацима и вредности тежинских коефицијената се више не мењају. Типологија је примењена на улазни параметар MLSP. Ознака за каталоге коришћен у раду је NNWo9, NNWo18 и NNWo27.

3.4. Методологија компарације каталога циркулационих типова

Особине циркулационих типова на основу којих се врши поређење каталога су учесталост типова и постојаност (перзистентност) типова у посматраном временском интервалу (1961-2000. година). Philipp et al. (2010) су представили неколико метода којима се могу анализирати ове особине типова циркулације атмосфере у оквиру сваког каталога, а које су коришћене и у овом истраживању. Посебно су приказане методе за анализу учесталости типова (одељак 3.4.1.), а посебно за анализу постојаности типова (одељак 3.4.2.).

3.4.1. Учесталост типова циркулације атмосфере

Компарација каталога циркулационих типова се базира на поређењу фреквенција тј. карактеристика учесталости циркулационих типова у анализираном периоду, а користећи индексе који описују разлике у величини типова тј. укупној учесталости типова (индекс VF), затим унутаргодишњу варијабилност учесталости типова (индекс MVM), међугодишњу варијабилност учесталости типова (индекс MVA), као и постојање тренда у учесталости типова у посматраном периоду (индекс MTN).

Индекс VF описује варијације у величини типова унутар једног каталога. Величина типова је дефинисана њиховим укупним бројем појављивања у посматраном периоду. Индекс VF се израчунава по формули:

$$VF = \frac{s_f}{\bar{f}}; \quad \bar{f} = \frac{\sum_{i=1}^{k}(f_i)}{k}; \quad s_f = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{k}(f_i - \bar{f})^2}{(k-1)}}$$

где је S_f стандардна девијација величине типова, $\bar{f}$ је просечна величина типа за цео каталог, а f_i је учесталост типа i при чему је i = 1, 2, ..., k, где је k укупан број типова у каталогу. Што је вредност индекса VF већа, то је учесталост по типовима унутар једног каталога неравномернија.

Индекс MVM приказује унутаргодишњу варијабилност учесталости типова унутар једног каталога и израчунава се по формули:

$$MVM = \frac{\sum_{i=1}^{k}(M_{s_i}\overline{Mf_i}^{-1})}{k}; \; M_{s_i} = \sqrt{\frac{\sum_{m=1}^{12}(f_{m,i} - \overline{Mf_i})^2}{(12-1)}}; \; \overline{Mf_i} = \frac{f_i}{12}$$

где је M_{s_i} је стандардна девијација месечних фреквенција типова $f_{m,i}$ где је i тип (i = 1,2, ..., k), а m је месец у години (12 месеци). Просечна месечна учесталост типа i је представљена са $\overline{Mf_i}$. Као и у случају претходног индекса, више вредности MVM индекса означавају и већу варијабилност учесталости типова унутар године. Зависно од типологије, то може значити да поједини типови имају изражен сезонски карактер.

Индекс MVA приказује међугодишњу варијабилност учесталости типова и рачуна се по формули:

$$\mathrm{MVA} = \frac{\sum_{i=1}^{k}(\mathrm{A}_{s_i}\overline{\mathrm{Af}_\imath}^{-1})}{k}; \mathrm{A}_{s_i} = \sqrt{\frac{\sum_{a=1961}^{2000}(f_{a,i}-\overline{\mathrm{Af}_\imath})^2}{(2000-1961)}}; \overline{\mathrm{Af}_\imath} = \frac{f_i}{(2000-1961+1)};$$

где је A_{s_i} је стандардна девијација годишњих фреквеција типова које су означене са $f_{a,i}$ (година а, тип i и k укупан број типова у једном каталогу), док је $\overline{\mathrm{Af}_\imath}$ је просечна годишња учесталост по типу за посматрани период (1961-2000.). Већу међугодишњу варијабилност учесталости одликују и више вредности MVA индекса.

Индекс MTN изражава просечни "шум" тренда у учесталости типова и рачуна се по формули:

$$\mathrm{MTN} = \frac{\sum_{i=1}^{k}(\frac{T_i}{A_{s_i}})}{k};\ T_i = f'_{a=2000,i} - f'_{a=1961,i};\ f'_{a,i} = x_{0,i} + ax_{1,i}$$

где је T_i је линеарни тренд учесталости типа i (k је укупан број типова у једном каталогу) представљен као разлика учесталости f' последње године (у овом раду 2000. год.) и прве године (у овом раду 1961. год.) у посматраном периоду, а процењених из линеарне регресионе једначине за серију годишњих учесталости $f'_{a,i}$ (а је ознака за годину), користећи регресиону константу $x_{0,i}$ и регресиони коефицијент $x_{1,i}$. A_{s_i} је стандардна девијација годишњих фреквеција типова. Утврђивање тренда у годишњим вредностима учесталости циркулационих типова може бити значајно за разумевање колебања климатских параметара на одређеном простору.

3.4.2. Постојаност типова циркулације атмосфере

Постојаност или перзистенција, односно просечно трајање типова је веома значајан показатељ одлика циркулације атмосфере који се рачуна применом индекса MP који се рачуна по формули:

$$\mathrm{MP} = \frac{\sum_{i=1}^{k} P_i}{k}$$

где је P_i средња вредност трајања типа i, при чему је укупан број типова у једном каталогу је представљен са k. Трајање тј. постојаност типова се изражава у данима, и рачуна се од првог дана догађаја једног типа, а завршава са првим

даном догађаја другог типа. Вредност P_i се добија сабирањем трајања свих догађаја типа i и дељењем са укупним бројем догађаја у посматраном периоду.

3.5. Методологија за утврђивање повезаности циркулације атмосфере и температура ваздуха

Различите типологије циркулационих типова могу бити мање или више одговарајуће за анализу одређених климатских елемената (температура ваздуха, падавина итд.) на одређеном простору (Huth et al., 2008). Погодност примене одређене типологије се огледа у њеној способности да класификује догађаје тако да је варијабилност посматраног елемента унутар типа минимална, односно између типова максимална. Развој *Cost733cat v2.0* пратио је и развој метода које служе за евалуацију каталога циркулационих типова које су представљене у неколико студија (Beck and Philipp, 2010; Huth, 2010; Ustrnul et al., 2010; Casado et al., 2010; Schiemann and Frei, 2010; Lupikasza, 2010). У овом раду су примењена три индекса за утврђивање погодности посматраних каталога у разврставању дневних температура ваздуха на простору Србије: индекс објашњене варијансе (EV), Pseudo-F индекс (PF) и унутар типова стандардна девијација (WSD). Сваки од ових индекса има за циљ да покаже способност типова да групишу дневне температурне догађаје тако да је њихова дисперзија унутар једног типа минимална, а између типова максимална, тј. да су типови презентовани синоптичким условима за време којих су измерене температуре ваздуха у одређеним границама. Прорачуни су рађени за сваку станицу посебно, а као излаз приказан је просек на нивоу Србије.

Индекс EV (Beck and Philipp, 2010; Casado et al., 2010) се израчунава као однос суме квадрата дневних температура ваздуха унутар типова (SS) и укупне суме квадрата (SST):

$$EV = 1 - \frac{SS}{SST};$$

$$SST = \sum_{i=1}^{k} \sum_{l=1}^{n_i} x_{li}^2 - C$$

где је ознака за тип i (i = 1, 2,..., k), ознака за дан i (i = 1, 2, ..., n_i), x_{li} је представља дневне температуре ваздуха за тип i и дан l, док се C израчунава по формули:

$$C = \frac{(\sum_{i=1}^{k} \sum_{l=1}^{n_i} x_{li})^2}{n}$$

где је n укупан број дана у посматраном периоду. Сума квадрата дневних температура ваздуха унутар типова (SSb) се рачуна по формули:

$$SS = SST - SSb; SSb = \sum_{i=1}^{k} \frac{T_i^2}{n_i} - C; T_i = \sum_{l=1}^{n_i} x_{i_l}$$

Вредности индекса EV се крећу између 0 и 1, при чему виша вредност означава и бољу способност каталога циркулационих типова у разврставању дневних температурних догађаја.

Индекс PF (Calinski and Harabasz, 1974) се израчунава као однос квадрата између типова (SSb) и суме квадрата унутар типова (SS) узимајући у обзир и број типова (k) и укупан број дана у посматраном периоду (n):

$$PF = \frac{\frac{SSb}{k-1}}{\frac{SS}{n-k}}$$

Као и у случају индекса EV, више вредности индекса PF значе бољу способност каталога циркулационих типова у разврставању дневних температурних догађаја.

Индекс WSD (Kalkstein et al., 1987) указује на унутар типова стандардну девијацију дневних температура ваздуха за један каталог и израчунава се по формули:

$$WSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{k} (n_i - 1) \cdot SDI_i^2}{\sum_{i=1}^{k} (n_k - 1)}}$$

где SDI_i представља стандардну девијацију дневних температура ваздуха унутар сваког типа (ознака за тип је i, а укупан број типова је означен са k, док је n_k број дана у којима је заступљен сваки тип). Обрнуто од индекса EV и PF, у случају индекса WSD мање вредности значе већу способност каталога циркулационих типова у разврставању дневних температурних догађаја.

3.6. Методологија за утврђивање повезаности циркулације атмосфере и падавина

Повезаност циркулације атмосфере са дневним падавинама на простору Србије је у највећој мери рађена на основу методологије представљене у студији Tveito (2010), при чему су одређене измене и допунске процедуре условљене специфичностима улазног скупа података. Утврђивање погодности каталога циркулационих типова у анализи дневних падавина на простору Србије се састоји од неколико корака:

а) Природа падавина као климатског елемента захтева различит приступ у односу на температуре ваздуха. Падавине нису континуиран процес и могу се анализирати на два начина: да ли је падавина било одређеног дана (обзиром на временску резолуцију у овој студији, дан са падавинама и дан без падавина) и по интезитету падавинских догађаја (тј. количини падавина у дану са падавинама). У првом кораку издвојени су дани са падавинама (дан у коме је измерена количина падавина ≥ 0,1 mm) и утврђена је учесталост падавинских дана по типовима (f_{ri}, r- дан са падавинама, i - тип, при чему је i= 1, 2, ..., k, где је k укупан број типова унутар једног циркулационог каталога). Већа учесталост падавинских дана у појединим типовима у односу на друге типове потенцијално значи и да су циркулациони услови који их дефинишу у вези са излучивањем падавина.

б) У другом кораку утврђен је однос $F_{ri}=\frac{f_{ri}}{f_i}$, где је f_{ri} учесталост падавинских дана у типу, а f_i је укупна учесталост типа у анализираном периоду. Овај корак показује у којој мери је појава одређеног типа повезана са појавом падавинских дана. Већа вредност F_{ri} значи да је вероватноћа за падавине унутар тог типа већа у односу на друге типове.

в) Уколико вредности F_{ri} више варирају међу типовима унутар једног каталога то је он погоднији за анализу падавина, односно већа је његова способност у разврставању падавинских догађаја и условно можемо говорити о типовима који условљавају „влажно”/„суво” време. Како би се омогућила упоредивост,

израчуната је стандардна девијација (STD) добијених вредности F_{ri} за сваки каталог:

$$STD = \sqrt{\frac{1}{k-1}\sum_{i=1}^{k}(F_{ri} - \overline{F_{ri}})^2}\ ,\ \overline{F_{ri}} = \frac{1}{k}\sum_{i=1}^{k} F_{ri}$$

Предност се даје каталозима са вишим вредностима STD.

г) Израчунате вредности STD су у великој мери погођене учесталошћу типова унутар каталога, односно особином каталога коју описује индекс VF (одељак 3.4.1.). Уколико постоје велика одступања између учесталости типова унутар једног каталога, то је и већа вероватноћа да ће и учесталост падавинских догађаја у типовима бити неравномернија. Међутим, овде се предност даје типологијама код којих су мање разлике у учесталости типова (односно сви типови теже да имају подједнаку учесталост), а расподела падавина по типовима показује веће разлике. Због тога је важно да се при одабиру каталога који ће се користи у истраживању разматрају вредности за оба индекса (STD и VF).

д) У претходним корацима првенствено је задовољен одабир циркулационих каталога према првој природи (особини) падавина као климатског параметра (дан са/без падавина). У погледу задовољења одабира каталога према другој особини (интезитету падавина, у овом истраживању дневних количина падавина) извршено је тестирање према висинама дневних падавина које се јављају унутар типова за каталоге који су показали најбољи ранг у претходним корацима (а-г). Урађено је тестирање сличности: 1) функција расподеле вероватноћа за падавинске догађаје унутар једног типа и свих осталих падавинских догађаја и 2) функција расподеле вероватноћа за падавинске догађаје међу типовима унутар једног каталога. Тестирање сличности је обављено применом Колмогоров-Смирнов (КС) теста са вероватноћом грешке од $\alpha = 5\%$ (Smirnov, 1939; Kolmogorov, 1941; Nikiforov, 1994).

У првом случају (1) тестирање обухвата неколико корака. Прво су израчунате функције расподеле вероватноћа за падавинске догађаје за све типове у оквиру једног каталога и свих осталих падавинских догађаја у односу на сваки тип.

Обухваћени су само каталози који су показали најбоље резултате у корацима а-г. Извршено је тестирање применом Колмогоров-Смирнов теста. За сваки каталог, на свакој станици, израчунато је колико типова има функцију расподеле вероватноћа падавина унутар њега различиту од свих осталих падавинских догађаја и израчунато је колики је то релативни удео типова у укупном броју типова за сваки каталог (показатељ О). Процентуално изражавање има за циљ да се избегне утицај различитог укупног броја типова по каталозима. Прорачуни су обављени за сваку станицу и одабране каталоге, а резултати приказани на нивоу целе Србије кроз просек и стандардну девијацију станичних вредности.

У другом случају (2) тестирање обухвата неколико корака. Израчунате су функције расподеле вероватноћа за падавинске догађаје за све типове у оквиру једног каталога. Такође, обухваћени су само каталози који су показали најбоље резултате у корацима а-г. Примењен је Колмогоров-Смирнов тест. За сваки каталог, на свакој станици, израчунато је колико типова има функцију расподеле вероватноћа падавина унутар њега различиту од функција за све остале типове и израчунато је у колико случајева у просеку (на нивоу свих станица у Србији) за сваки каталог скаки тип има различиту расподелу вероватноћа падавина у односу на остале типове (показатељ S). Такође, резултати су приказани у процентима како би се избегао утицај различитог укупног броја типова по каталозима и израчунат је просек и стандардна девијација.

3.7. Методологија утврђивања фаворизованости типова циркулације атмосфере за екстремне догађаје

Тематика екстремних догађаја је све заступљенија у климатолошким истраживањима. У овој студији акценат је на утврђивању фаворизованости типова за екстремне температурне и падавинске догађаје. То је постигнуто рачунањем коефицијента ефективности (Cony et al., 2008; Kyselý and Huth, 2008):

$$E = \frac{\frac{U_e}{n_e}}{\frac{U}{n}}$$

где је U_e учесталост типа у екстремним догађајима, n_e − учесталост екстремних догађаја (у данима), U − је укупна учесталост типа у анализираном периоду и n − укупан број дана у анализираном периоду. Вредности Е веће од 1,0 указују на фаворизованост типа за екстремне догађаје.

Екстремни дођагаји су различито дефинисани за температуре ваздуха и падавине. У дефинисању екстремних температурних догађаја издваја се неколико корака:

а) Појединачно је анализирана хладна (октобар-март) и топла (април-септембар) половина године.
б) Израчунати су 5-и и 95-и перцентил емпиријске расподеле дневних температурних максимума (Tmax) и минимума (Tmin) за топлу/хладну половину године у анализираном периоду (1961-2000).
в) Израчунати су кофицијенти ефективности циркулационих типова за дане у којима је Tmax (Tmin) изнад (испод) 95-ог (5-ог) перцентила у топлој и хладној половини године.

За падавине анализирани су падавински догађаји по интензитету, као и догађаји без падавина, односно сушни периоди. Екстремно „влажни” падавински догађаји су дефинисани дневним падавинским интензитетима изнад три прага: 90-ог, 95-ог и 99-ог перцентила емпиријске расподеле дневних падавина у анализираном периоду, а потом је утврђен коефицијент ефективности циркулационих типова у њима. У погледу сушних периода, у току сваке године посматраног периода издвојен је најдужи период без падавина и израчунат је коефицијент ефективности циркулационих типова за ове догађаје.

3.8. Методологија просторне интерполације температура ваздуха и падавина са циркулацијом атмосфере као водећим предиктором

За потребе научних истраживања, али и из практичних разлога, расте потреба за метеоролошким и климатолошким подацима за локације где мерења не постоје, што представља изазов за метеорологе и климатологе да такве информације

обезбеде применом интерполације на основу измерених вредности за ограничен број тачака у простору (Tveito and Schöner, 2002). Расподела климатских елемената на одређеном простору представља значајно истраживачко поље и то у погледу: а) методологије којом се утврђује повезаност одређеног климатског елемента (нпр. температура ваздуха, падавина) и бројних фактора који утичу на његову просторну расподелу и б) развоја алата (компјутерских програма) који то практично омогућавају. Као што је више пута поменуто на почетку овог рада климатска „спацијализација" са циркулацијом атмосфере као предиктором развија се у последњим годинама, што је свакако повезано и са развојем класификација циркулације атмосфере, али и са развојем метода просторне интерполације, односно са развојем могућности компјутерске обраде сетова података велике просторно-временске резолуције. Користећи индексе велико-скалне циркулације атмосфере, али и географске предикторе (математичко-географски положај, надморску висину и удаљеност од обале мора), Kyslby et al. (1998) су развили регресиони модел за предикцију месечних падавина, као и сушних периода на простору Енглеске и Велса, са просторном резолуцијом од 10 km^2. Trigo and DaCamara (2000) такође користе регресионе моделе за анализу просторне варијабилности падавина у Португалији са циркулацијом атмосфере (на основу објективно изведене класификације циркулационих типова) као предиктором, истичући да је циркулација атмосфере водећи предиктор у анализи вишегодишње варијабилности падавина и да је доминатнија за просторну расподелу у односу на друге предикторе као што су надморска висина, орографија итд. Biau et al. (1999) истичу предности геостатистичке интерполационе методе кригинг у скалирању месечних падавина у зимској сезони на Пиринејском полуострву на основу расподеле ваздушног притиска у Северно-атлантском сектору. Користећи Ламб типологију, Tveito (2002) закључује да је атмосферска циркулација водећи фактор у варијабилности дневних падавина (и у погледу вероватноће за падавине и висине измерених падавина) и као таква водећи предиктор (поред података о рељефу, степену континенталности) просторне расподеле падавина у Норвешкој. Исти аутор (Tveito, 2007) анализира расподелу зимских температура ваздуха у Норвешкој користећи такође Ламб типове, али и већи број предиктора као што су географска ширина и дужина, надморска висина, удаљеност од мора итд. Bissolli

and Müller-Westermeier (2005) су представили просторну дистрибуцију падавина на простору Немачке за време објективно произведених циркулационих типова, при чему су користили и податке о рељефу као додатан предиктор. Ustrnul (2006) истиче предности коришћења циркулације атмосфере у анализи просторне диференцијације дневних температура ваздуха на простору Пољске користећи Хес-Брезовски типове као круцијалне предикторе, али и географске предикторе као што су математичко-географски положај, надморска висина, удаљеност од мора и коришћење земљишта, а као метод интерполације резидуални кригинг. Исти аутор напомиње да просторна интерполација дневних температура на простору Пољске без разматрања утицаја атмосферске циркулације не даје задовољавајуће резултате због велике просторно-временске варијабилности дневних података. У овим студијама су коришћене различите методе интерполације.

Сумирајући резултате примене ГИС-а у климатологији и метеорологији у оквиру пројекта *COST719* (Final report, COST Action 719, 2008) дата је подела метода просторне интерполације на детерминистичке (метод најближег суседа, метод триангулације, метод инверзне удаљености, полиноминалне функције), пробабилистичке (линеарни регресиони методи, геостатистички методи, методи оптималне интерполације), метода неуралних мрежа, физичке и хибридне моделе. Такође, истакнуто је да је избор метода интерполације од секундарног значаја када је циркулација атмосфере водећи предиктор. У овом раду за метод интерполације дневних температура ваздуха и падавина, као и екстремних вредности, на простору Србије је одабран геостатистички метод регресиони кригинг. У методолошком погледу биће представљене само основне одлике овог метода, обзиром да је интерполација урађена применом готових алгоритама имплементираних у компјутерски програм SAGA gis 2.6.2 (http://www.saga-gis.org/en/index.html).

Регресиони кригинг припада групи геостатистичких метода интерполације. Геостатистичке методе се базирају на концепту вероватноће (случајности, називају се и стохастичке методе), тј. интерполисана површина је само једна од

могућих реализација настала из постојећих мерења у одређеним тачкама у простору. Основна идеја је да вредности измерене за тачке које су просторно ближе су сличније него за удаљеније тачке. Квантификација просторне повезаности (корелације, зависности) се одређује преко вариограма (или семи-вариограма) или коваријансе. Кригинг је најпознатији геостатистички поступак или алгоритам. Позивајући се на истраживање Burrough and McDonnell (1998), Sluiter (2009) истиче да је кригинг најбоља расположива метода интерполације у геонаукама када су подаци ограничени на одређени број тачака у простору за која постоје мерења. Генерално, развој кригинг методе интерполације је везан за употребу у геологији и то у раним 1960-им, а у исто време сличан метод је развијен у СССР-у за потребе синоптичке климатологије под називом оптимална интерполација (Final report, COST Action 719, 2008). Sluiter (2009) наводи као полазиште у кригингу да просторна варијација континуираних атрибута је најчешће веома нерегуларна да би се моделовала једноставним функцијама. Кригинг је напредна метода за процену вредности регионализоване варијабле у одабраним тачкама. Регионализована варијабла је и случајна (стохастичка) варијабла, јер се са мрежом тачкастих варијабли не може осигурати да је то репрезенатативни узорак који се посматра (Husanović and Malvić, 2014). Просторна варијација се може описати стохастичком површином са атрибутом који се назива регионализована варијабла при чему случајна варијабла Z у тачки x је представљена са (Sluiter, 2009):

$$Z(s) = m(s) + \varepsilon'(s) + \varepsilon''$$

где је m(s) детерминистичка функција која описује структуралну компоненту варијабле Z у тачки s. Затим, ε'(s) је случајно просторно корелисана компонента и ε'' је резидуална не-просторно корелисана компонента или шум.

У извођењу једначина кригинга подразумева се да је семи-вариограм познат, односно кригингу предходи одређивање просторне зависности тј. вариограмска анализа. Из података се израчунава експериментални вариограм $\hat{\gamma}(r)$. Класични естиматор експерименталног семи-вариограма се рачуна по формули (Final report, COST Action 719, 2008):

$$\hat{\gamma}(r) = \frac{1}{2|N(r)|}\sum_{N(r)}(Z(s_i) - Z(s_j))^2$$

где N(r) означава скуп парова података (s_i, s_j) на дистанци r и $|N(r)|$ означава укупан број парова података.

У пракси параметарски вариограм се фитује из вредности естиматорског вариограма. Параметарски вариограм је садржан у три вредности; „nugget effect”– микроваријације, „partial sill” – варијанса случајног процеса и „range” – најдужа дистанца са корелисаним вредностима случајног процеса. Параметри могу бити процењени из експерименталног вариограма користећи различите естиматоре.

Постоје различите врсте кригинга: ординарни, ко-кригинг, универзални, регресиони и индикаторски кригинг. Процењене вредности код ординарног кригинга су линеарна комбинација измерених вредности, са тежинским коефицијентима који су одређени корелацијом између података. У основи је једначина (Final report, COST Action 719, 2008):

$$\hat{z}(s_0) = \sum_{i=1}^{n}\lambda_i z(s_i)$$

где се вредност варијабле на одређеној локацији $\hat{z}(s_0)$ процењује према односу постојећих (измерених) података $z(s_i)$, при чему је сваком податку придружен одређени тежински коефицијент λ_i који описује утицај тог измереног податка на вредност варијабле која се процењује, а који се могу извести на основу вариограма. Главни недостатак ординарног кригинга је тај што се код просторног процеса Z(s) подразумева унутрашња стационарност, односно није испуњен услов за непристрасном оценом. Изузев ко-кригинга (развијенија верзија ординарног кригинга са мултивариограмима или коваријансама у складу са мултиваријационим подацима, односно процене су базиране на линеарној суми тежинских коефицијената свих посматраних варијабли), увођењем додатних фактора се постиже непристрасна оцена у осталим врстама кригинг метода. Универзални кригинг користи регресиони модел као део кригинг процеса како би се израчунао детерминистички део варијација („global mean”) изражен као линеарни или квадратни тренд. Овај метод представља просторну вишеструку

регресију заснивајући се на моделу који функцију предикције дели у два дела; линеарна комбинација детерминистичких функција (познате за сваку тачку) и случајна компомента, резидуална функција случајности (тежински коефицијенти кригинга се решавају из просторне структуре резидуала). Универзали кригинг је познат и као кригинг са трендом, односно за разлику од ординарног кригинга, код универзалног кригинга се мења „global mean" и у функцији је координата. Због тога је веома погодан за интерполацију у метеорологији и климатологији. Ако се тренд (детерминистички део варијација или дрифт) дефинише као линеарна функција ауксилијарних варијабли (а не као фунцкија координата) тада говоримо о кригингу са екстерним дрифтом и регресионом кригингу. Ауксилијарне варијабле (или предиктори) су варијабле код којих су вредности познате за цео простор који се анализира. У основи је једначина (Hengl, 2007; Hengl and Conrad, 2010):

$$\hat{z}(s_0) = \sum_{k=0}^{p} \hat{\beta}_k \, q_k(s_0) + \sum_{i=n}^{n} \lambda_i e(\, s_i)$$

Где се вредност варијабле на одређеној локацији $\hat{z}(s_0)$ процењује према: а) детерминистичком делу тј. првом делу (регресионе) једначине, где су $\hat{\beta}_k$ процењени коефицијенти из детерминистичког модела (при чему је $\hat{\beta}_0$ такође процењен, коефицијенти су израчунати методом најмањих квадрата односно применом метода генерализованих најмањих квадрата) при чему су $q_k(s_0)$ вредности ауксилијарних варијабли за локације за које се врши предикција, где је p број ауксилијарних варијабли или предиктора и б) стохастичком делу једначине (тј. другом делу једначине) где су λ_i тежински коефицијенти кригинга одређени просторним односима између резидуала где је $e(s_i)$ резидуал на локацији s_i. Сума квадрата резидуала је коефицијент детерминације који представља оцену прилагођености регресионе равни епиријским подацима. Вредности коефицијета детерминације ≥ 0,85 се могу сматрати задовољавајућим, при чему код веома високих вредности може доћи до прецењивања (енг. overestimation). Фитовање експерименталног вариограма се може радити применом неколико стандардних модела као што су линеарни, сферични, експоненцијални итд. На основу вариограмске анализе урађене у SAGA gis 2.6.2. утврђено је да кубни и

експоненцијални тренд имају најбољу прилагођеност анализираним подацима (највише вредности коефицијента детерминације).

Hengl (2007) истиче да су код кригинга са екстерним дрифтом тежински коефицијетни израчунати унутар проширене матрице која разматра детерминистички део и резидуале истовремено, док се код регресионог кригинга детерминиситчки део и резидуали процењују засебно и онда сумирају. Процењени коефицијенти су географски тежински коефицијенти. Као мера успешности интерполације може се користи кригинг варијанса као што је то случај у овој студији.

У предикцији температура ваздуха и падавина на простору Србије коришћено је неколико предиктора (ауксилијарних варијабли) у растерском облику:

а) географска ширина и географска дужина;

б) надморска висина. Као улазни податак коришћен је SRTM (скраћено од енг. Shuttle Radar Topographic Mission) дигитални модел висина (eng. Digital Elevation Model – DEM) резолуције 1 арксекунд (~ 30 m). Подаци су преузети са интернет адресе: http://earthexplorer.usgs.gov/;

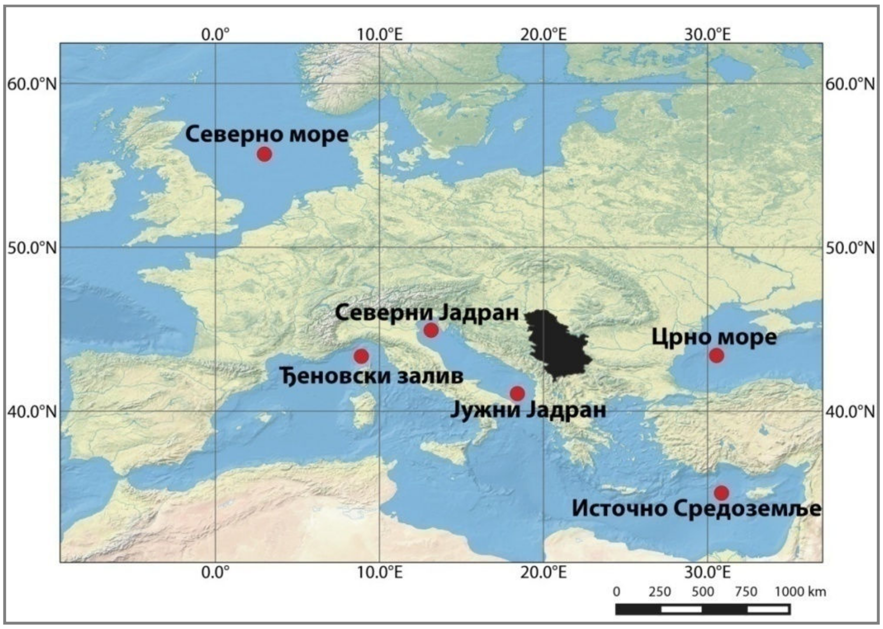
в) удаљеност од извора влаге. Према одликама самог циркулационог типа, односно да ли је простор Србије изложен утицају ваздушних маса са Атланског океана, Средоземног мора или Црног мора разматрана је удаљеност од ових извора влаге у анализи падавина. Избор тачака у односу на које је разматрана удаљеност је обављен после анализе циркулационих типова (поглавље 6.), односно најдоминантније путање кретања ваздушних маса у односу на простор Србије и то:

– тачка са координатама 55°41'33.08"N и 2°59'32.60"E у Атлантском океану, односно Северном мору. Удаљеност у односу на ову тачку је разматрана при анализи падавинских догађаја када је над Западном Европом присутна западна

зонална циркулација, а на простору Србије се манифестује северозападним ваздушним продорима.

– тачке у средишњем делу Средоземног мора са координатама 43°20'43.42"N и 8°53'58.59"E (Ђеновски залив), 44°56'38.05"N и 13°9'10.18"E (Северни Јадран) и 41°41'8.78"N и 13°24'24.06"E (Јужни Јадран). Наведене тачке се налазе у централним областима циклонске активности која је утврђена на основу расподеле ваздушног притиска са поједине циркулационе типове.

– затим тачке са координатама 35°0'5.65"N и 30°51'12.58"E у источном делу Средоземног мора и тачка 43°24'5.13"N и 30°33'12.11"E у Црном мору. Као и у претходном случају, избор тачака је обављен на основу расподеле ваздушног притиска која указује на циклонску активност у источном делу Средоземног мора, односно у Црном мору. Положај ових тачака дат је на слици 3.



Слика 3. Положај тачака у односу на које је разматрана удаљеност за простор Србије.

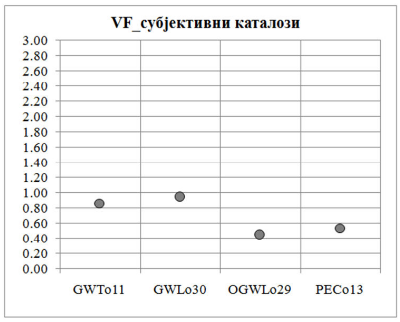
Раст геореференцираних база података повећава могућност укључивања бројних предиктора, а који су нарочито значајни у интерполацији дневних вредности температура ваздуха и падавина (нпр. коришћење земљишта, специфичности локација на којима се налазе метеоролошке станице). Укључивање циркулације атмосфере је неопходно у том процесу, па су добијени резултати почетни корак за каснија истраживања.

4. КОМПАРАЦИЈА КАТАЛОГА ЦИРКУЛАЦИОНИХ ТИПОВА

У овом поглављу су приказани резултати анализе учесталости (одељак 4.1.) и постојаности (одељак 4.2.) циркулационих типова у посматраном периоду. Израчунате вредности индекса су приказане за сваки каталог посебно, али и збирно по доменима (Европа и ЈИ Европа) и броју типова (9, 18 и 27) како би се показао њихов утицај на добијене вредности. Такође, приказ по улазним параметрима (MLSP и MSLP_Z500) омогућава упоредивост. Једино су субјективни каталози приказани засебно.

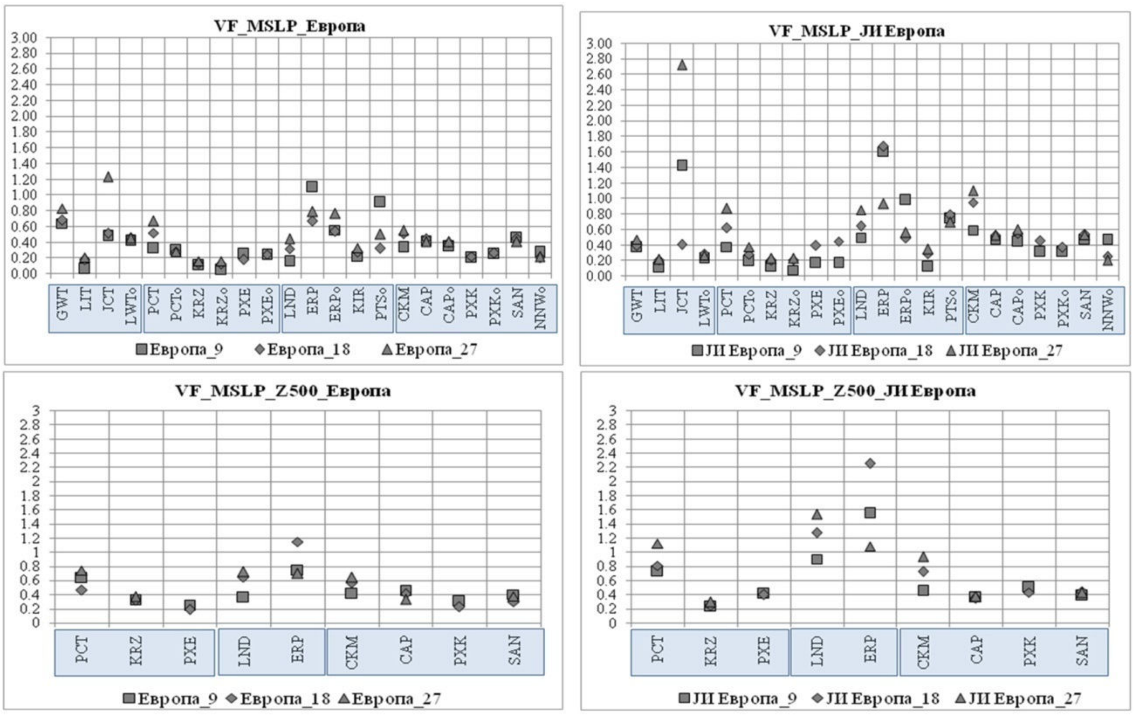
4.1. Компарација типова циркулације атмосфере према учесталости

Индекс VF је заправо коефицијент варијације при чему је посматрана променљива учесталост типова у периоду 1961-2000. година. Представља однос стандардне девијације учесталости типова и средње учесталости по типу. На основу вредности индекса се може закључити да ли су типови равномерно учестали у посматраном периоду или постоје типови који имају знатно већу учесталост у односу на друге у оквиру једног каталога. Што је његова вредност већа то је одступање веће, односно учесталост по типовима је неравномернија. Вредности индекса VF су у директној вези са одликама класификационих метода који су примењени на истом скупу улазних података. Добијене вредности индекса VF за циркулационе каталоге су приказане на сликама 4 и 5. За субјективне каталоге најправилнију расподелу учесталости типова има каталог OGWLo29, док су највеће разлике у учесталости међу типовима добијене за каталог GWLo30. Са улазним параметром MSLP, вредности коефицијента VF прате приближно исту расподелу за домене Европа и ЈИ Европа: ниже вредности за поједине каталоге из групе метода базираних на „праговима” (нарочито типологија LIT), затим генерално ниже вредности за групу метода



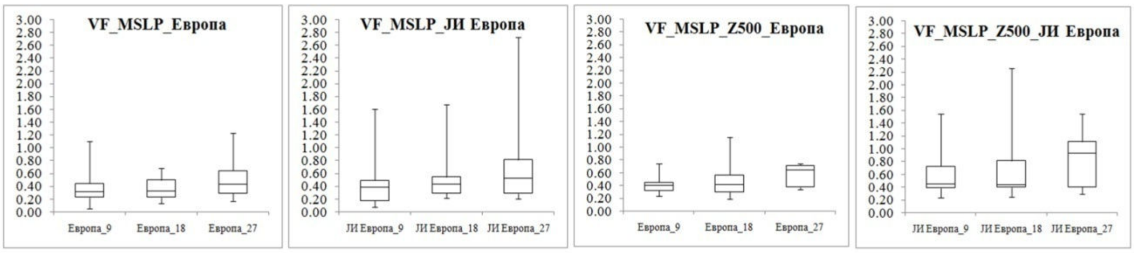
Слика 4. Вредности индекса VF за субјективне каталоге циркулационих типова.

базираних на анализи главних компоненти (посебно за типологије KRZ и KRZo) и методе оптимизационих алгоритама (нарочито типологија NNWo). Највише вредности VF су добијене за каталоге из метода водећих алгоритама (типологије ERP, ERPo и PTSo), као и за поједине каталоге из групе метода базираних на „праговима” (типологије GWT и JCT). У погледу улазних параметара MSLP_Z500 више вредности se уочавају за методе из групе водећих алгоритама (типологије LND и ERP) и за домен Европа и ЈИ Европа, а најниже вредности за типологије PXE, KRZ и PXK у случају домена Европа, односно KRZ и CAP за домен ЈИ Европа.



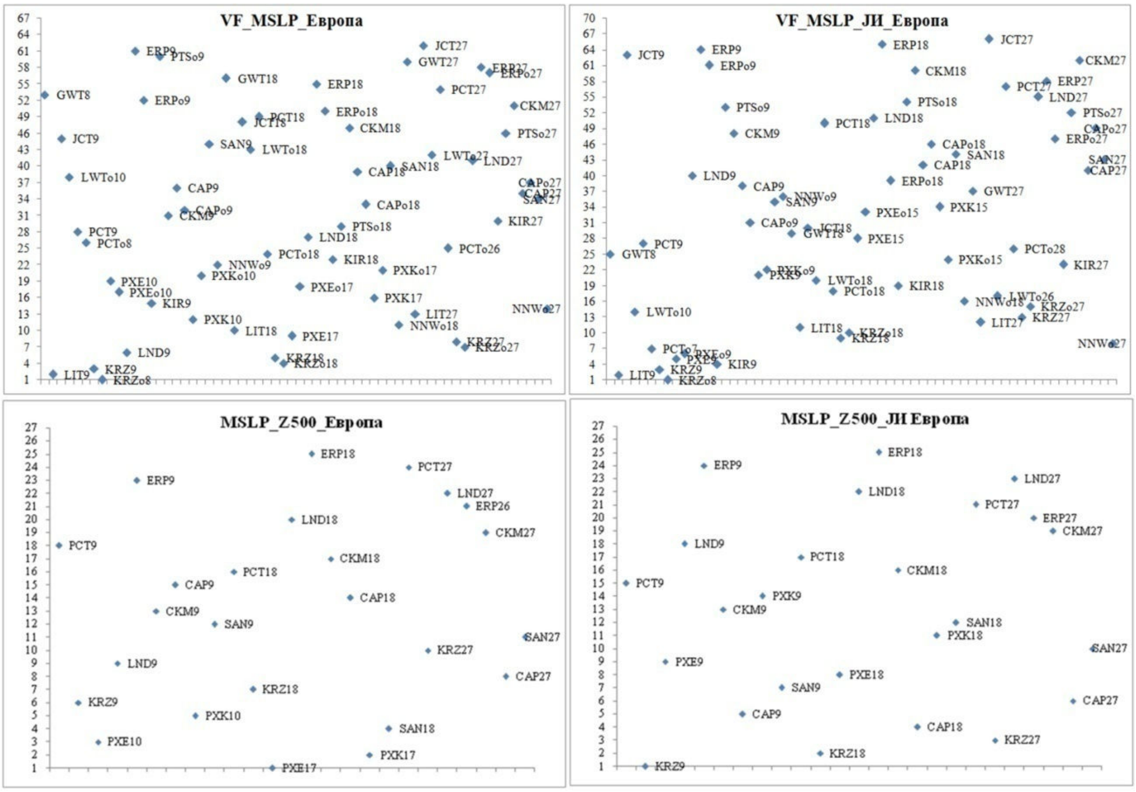
Слика 5. Вредности индекса VF за каталоге циркулационих типова груписаних по улазним параметрима MSLP и MSLP_Z500, домени Европа и ЈИ Европа.

Вредности индекса VF за улазне параметре MSLP и MSLP_Z500 по просторним доменима и броју типова су приказане на слици 6. Уочава се да је вредност индекса VF у одређеној мери погођена бројем типова, односно са повећањем броја типова расте његова вредност. У погледу просторног домена и улазних класификационих параметара се не може са сигурношћу говорити о већим разликама.



Слика 6. Бокс плотови за индекс VF за параметре MSLP и MSLP_Z500 приказано за домене Европа и ЈИ Европа и 9, 18 и 27 типова.

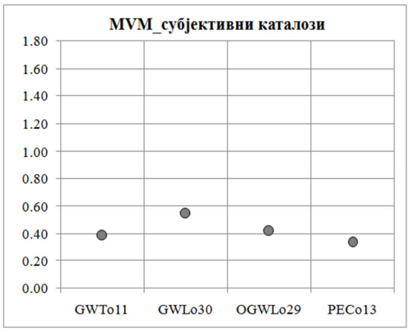
Због утицаја броја типова на вредност индекса, а ради поређења каталога у погледу равномерности расподеле учесталости по типовима, урађена је нормализација добијених вредности. Издвајање каталога са најравномернијом расподелом фреквенција по типовима је урађено статистичким рангирањем нормализованих вредности индекса VF. На слици 7 су приказани резултати рангирања.



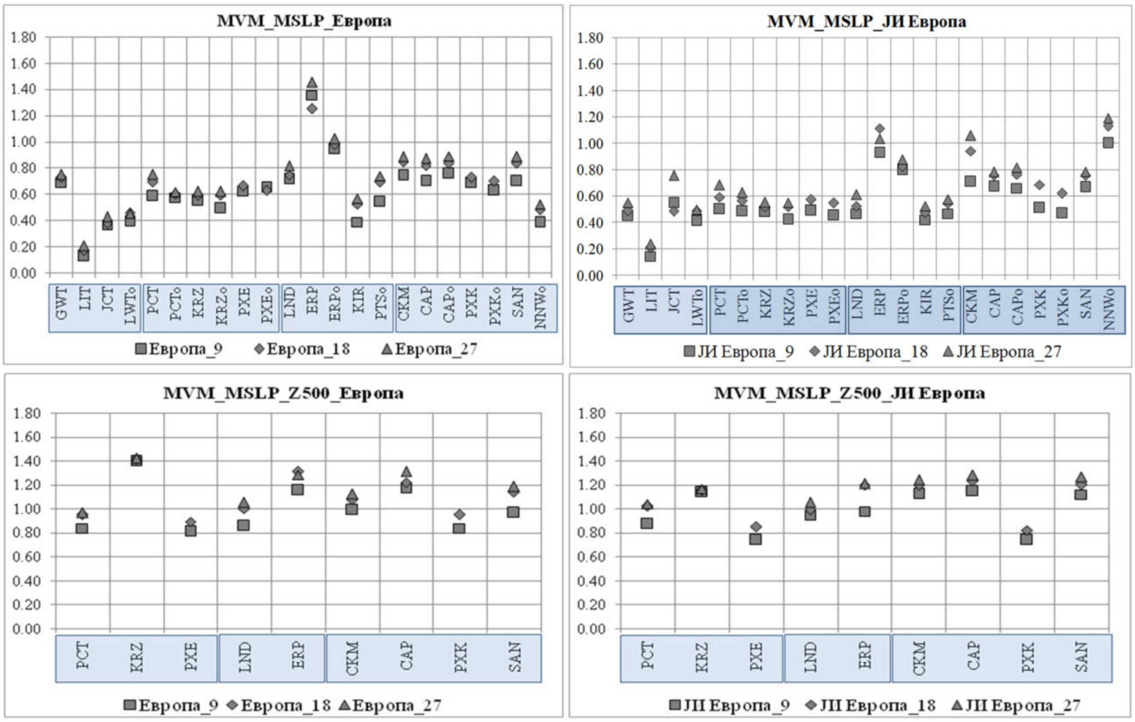
Слика 7. Статистички ранг каталога циркулационих типова према нормализованим вредностима индекса VF за параметре MSLP и MSLP_Z500, домени Европа и ЈИ Европа. Ранг 1 има каталог са најравномернијом расподелом учесталости по типовима.

Прва три каталога по рангу за улазни параметар MLSP и за домен Европа и ЈИ Европа су иста: KRZo8, LIT9 и KRZ9. За улазне параметре MSLP_Z500, каталози циркулационих типова код којих је најравномернија расподела фреквенција за домен Европа су PXE17, PXK17 и PXE10, док за домен ЈИ Европа су KRZ9, KRZ18 и KRZ27. Највеће неравномерности у учесталости типова за улазни параметар MLSP су утврђене за каталоге JCT27, ERP9 и PTSo9 (домен Европа) и JCT27, ERP18 и ERP9 (домен ЈИ Европа). За улазне параметре MSLP_Z500 најнеравномернија расподела учесталости је добијена за каталоге ERP18, PCT27 и ERP9 (домен Европа) и ERP18, ERP9 и LND27 (домен ЈИ Европа).

MVM индекс је показатељ унутаргодишње расподеле учесталости. Ниже вредности MVM указују да је учесталост типова у току године у једном каталогу равномернија у односу на каталоге за које су добијене више вредности индекса. Унутаргодишња неравномерност у учесталости значи и да типови имају изражен сезонски карактер. На сликама 8 и 9 су приказане добијене вредности MVM индекса. У случају субјективних каталога највише вредности су добијене за GWLo30, а најмање за PECo13. Код каталога који „производе" типове, за улазни параметар MSLP, најниже вредности су за каталоге у групи метода базираних на „праговима" (нарочито за LIT), а највише за поједине типологије из групе водећих алгоритама и алгоритама оптимизације (типологије ERP, ERPo, CKM, SAN, NNWo). У случају параметара MSLP_Z500, оба просторна домена, најниже вредности су добијене за типологије PXE и PXK, док су највише за KRZ, CAP и SAN.

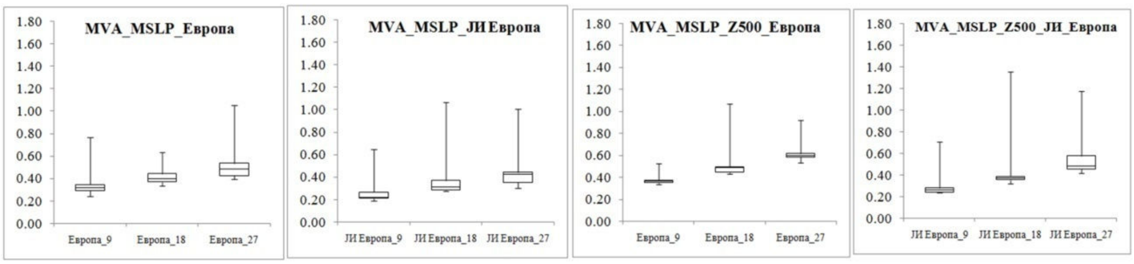


Слика 8. Вредности индекса MVM за субјективне каталоге циркулационих типова.



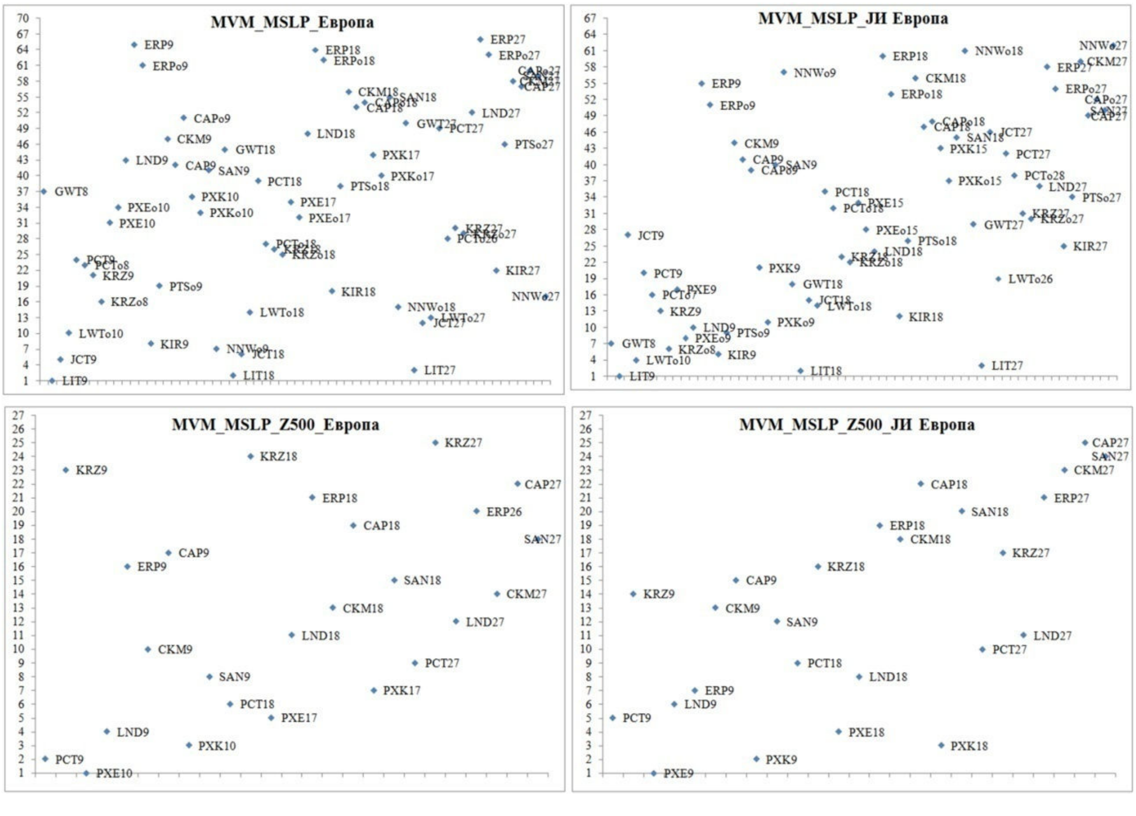
Слика 9. Вредности индекса MVM за каталоге циркулационих типова груписаних по улазним параметрима MSLP и MSLP_Z500, домени Европа и ЈИ Европа.

Утицај броја типова и домена на вредности индекса MVM је приказан на слици 10. Генерално, са повећањем броја типова повећава се и вредност индекса MVM. Такође, приметно је да се значајно више вредности индекса MVM добијају за улазне параметре MSLP_Z500. За улазни параметар MSLP добијају се нешто више вредности за домен Европа у односу на домен ЈИ Европа, док код улазних параметара MSLP_Z500 нема већих разлика међу доменима.



Слика 10. Бокс плотови за индекс MVM за параметре MSLP и MSLP_Z500 приказано за домене Европа и ЈИ Европа и 9, 18 и 27 типова.

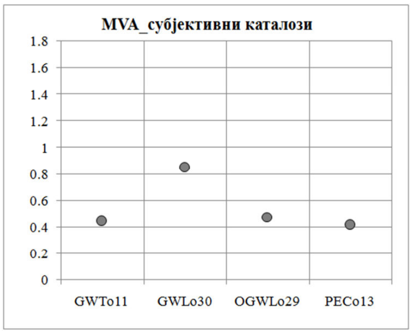
Како би се избегао утицај различитог броја типова, статистички ранг нормализованих вредности индекса MVM је израчунат и приказан на слици 11. Највише вредности ранга за улазни параметар MLSP, и за домен Европа и за домен ЈИ Европа, припадају типологији LIT (LIT9, LIT18, LIT27), док за MSLP_Z500 и домен Европа прва три каталога по рангу су PXE10, PCT9 и PXK10, док за домен ЈИ Европа PXE9, PXK9 и PXK18. Каталози који показују највеће неравномерности у унутаргодишњој расподели фреквенција су ERP27, ERP9 и ERP18 (MLSP, домен Европа), NNWo, NNWo18 и ERP18 (MLSP, домен ЈИ Европа), KRZ27, KRZ18 и KRZ9 (MSLP_Z500, домен Европа) и CAP27, SAN27 и CKM27 (MSLP_Z500, домен ЈИ Европа).



Слика 11. Статистички ранг каталога циркулационих типова према нормализованим вредностима индекса MVM за параметре MSLP и MSLP_Z500, домени Европа и ЈИ Европа. Ранг 1 има каталог са најравномернијом унутаргодишњом расподелом учесталости по типовима.

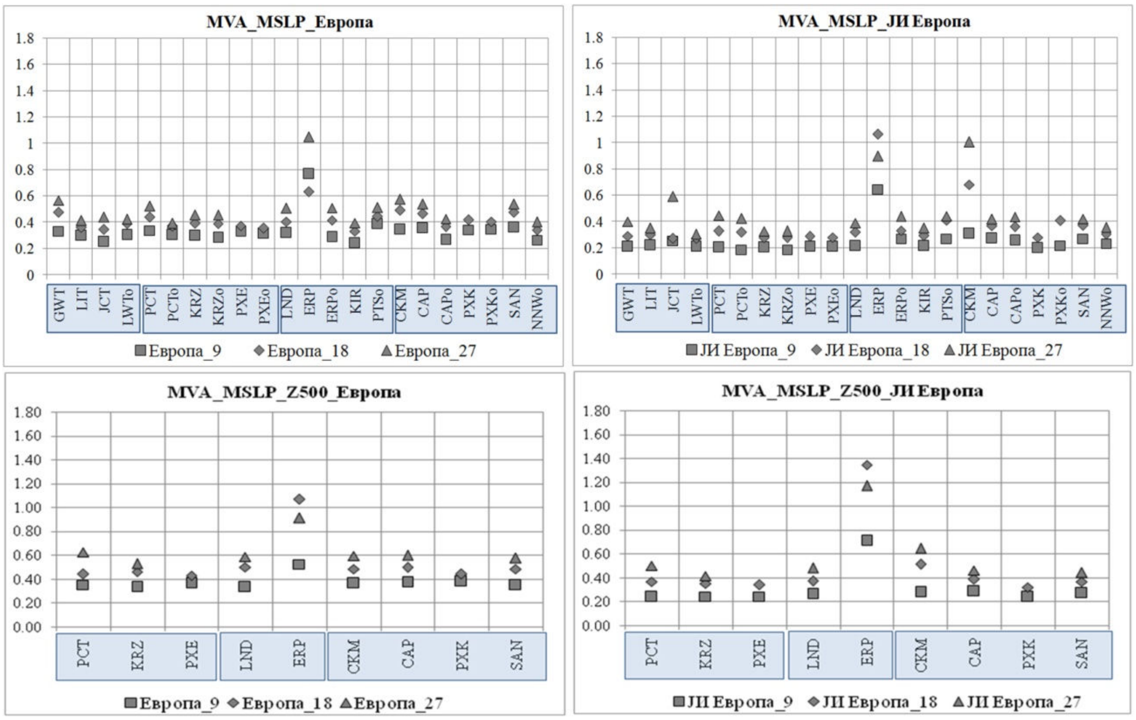
MVA индекс показује међугодишњу варијабилност учесталости типова у каталозима. Постојање међугодишњих разлика у учесталости појединих типова

може бити веома значајно за разумевање колебања у временским серијама посматраних климатских параметара. Међутим, и одлике класификационог метода могу допринети стварању „шума” у годишњим вредностима учесталости, што може у великој мери утицати на анализу временских и климатских услова. Добијене вредности индекса MVA су приказане на сликама 12 и 13. У случају субјективних типологија највише вредности су добијене за GWLo30, а најниже за PECo13.



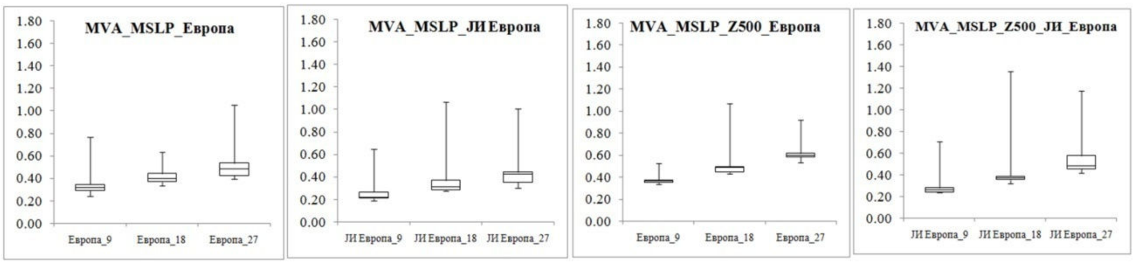
Слика 12. Вредности индекса MVA за субјективне каталоге циркулационих типова.

За улазне параметре MSLP и MSLP_Z500, у случају оба домена се добијају уједначене вредности индекса MVA, осим за типологију ERP која показује значајно више вредности у свим случајевима и типологију CKM и за MSLP и MSLP_Z500 код домена ЈИ Европа .



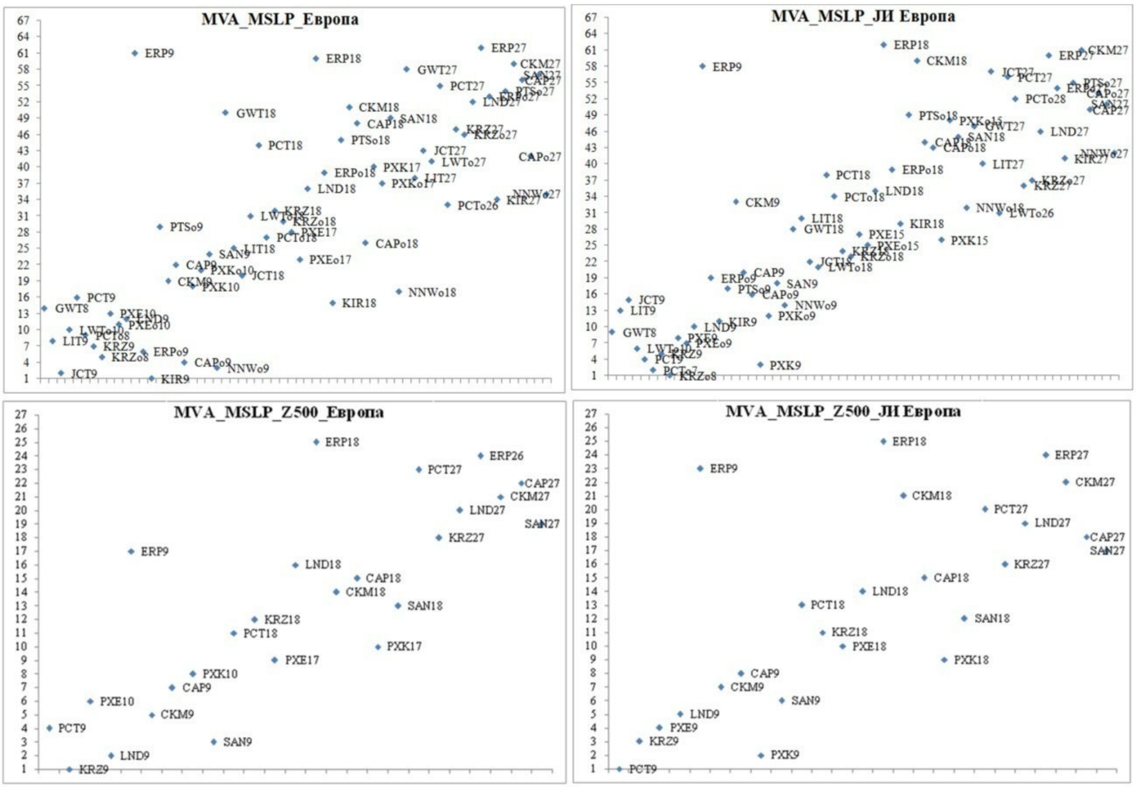
Слика 13. Вредности индекса MVA за каталоге циркулационих типова груписаних по улазним параметрима MSLP и MSLP_Z500, домени Европа и ЈИ Европа.

Утицај броја типова на вредности индекса MVA се јасно уочава на слици 14, тј. са порастом броја типова расте вредност индекса MVA. Значајно више вредности се добијају за улазне параметре MSLP_Z500, док нема значајнијих разлика по доменима.



Слика 14. Бокс плотови за индекс MVA за параметре MSLP и MSLP_Z500 приказано за домене Европа и ЈИ Европа и 9, 18 и 27 типова.

Као и у случају претходних индекса изрвшено је статистичко рангирање нормализованих вредности индекса MVA (слика 15). Најмањи „шум” у годишњим вредностима учесталости је добијен за каталоге KIR9, JCT9 и NNWo9 (MSLP, домен Европа), KRZo8, PCT7 и PXK9 (MSLP, домен ЈИ Европа), KRZ9, LND9 и SAN9 (MSLP_Z500, домен Европа) и PCT9, PXK9 и KRZ9 (MSLP_Z500, домен ЈИ Европа). Највише међугодишње промене у учесталости типова су добијене за ERP27, ERP9 и ERP18 (MSLP, домен Европа), ERP18, CKM27 и ERP27 (MSLP, домен ЈИ Европа), ERP18, ERP26 и PCT27 (MSLP_Z500, домен Европа) и ERP18, ERP2 и ERP9 (MSLP_Z500, домен ЈИ Европа).



Слика 15. Статистички ранг каталога циркулационих типова према нормализованим вредностима индекса MVA за параметре MSLP и MSLP_Z500, домени Европа и ЈИ Европа. Ранг 1 има каталог са најравномернијом међугодишњом расподелом учесталости по типовима.

MTN индекс је показатељ присутности тренда у учесталости типова у периоду 1961-2000. година. Код субјективних каталога највеће вредности за MTN су добијене за Хес-Брезовски типологију и то -0,10 за каталог GWLo11 и -0,12 за каталог GWLo30. За каталоге OGWo29 и PECo13 индекс MTN износи по -0,04. Добијене вредности за каталоге који припадају групи метода које „производе" типове су приказане у табелама 3 (улазни параметар MSLP) и 4 (улазни параметри MSLP_Z500). Прегледом вредности се тешко може извести нека правилност о висини MTN индекса зависно од просторног домена, броја типова, групе метода или улазног параметра. Пре се може говорити о појединачним случајевима тј. каталозима за које су добијене више вредности. За улазни параметар MSLP по висини MTN индекеса се истичу каталози NNWo9 (-0,18), LWTo18 (-0,20) и KRZo27 (-0,24) за домен Европа и LND9 (-0,20), ERPo9 (0,25), KIR18 (0,21), CAP18 (0,36), PCT27 (-0,20), PCTo28 (2,58) и ERPo27 (-0,22) за домен ЈИ Европа.

За улазне параметре MSLP_Z500 по висини MTN индекса се истичу се каталози ERP9 (0,10), PCT18 и PXE18 (са по -0,07) и ERP27 (0,12) за домен Европа, док за домен ЈИ Европа каталози LND9 (0,15), PCT18 (-0,21) и PCT27 (-0,22).

Табела 3. Вредност MTN индекса за каталоге са улазним параметром MSLP груписане по просторним доменима (Европа и ЈИ Европа) и броју типова (9, 18 и 27).

Типологије	Европа_9	Европа_18	Европа_27	ЈИ Европа_9	ЈИ Европа_18	ЈИ Европа_27
GWT	-0.08	-0.15	-0.12	-0.04	-0.10	-0.04
JCT	-0.08	-0.08	-0.06	-0.17	0.01	-0.03
LWTo	-0.10	**-0.20**	-0.06	-0.16	-0.05	0.01
LIT	-0.03	-0.05	-0.03	-0.01	0.13	-0.02
LITo	-0.03	-0.05	-0.03	-0.01	0.13	-0.01
KRZ	-0.07	-0.02	-0.05	0.04	0.02	-0.02
KRZo	0.03	-0.01	**-0.24**	0.00	0.02	0.00
PXE	0.01	-0.03		-0.05	0.01	
PXEo	-0.04	-0.04		0.00	0.00	
PCT	-0.04	-0.10	-0.09	0.03	-0.11	**-0.20**
PCTo	0.10	0.01	-0.02	-0.10	-0.11	**2.58**
LND	0.04	0.03	0.01	**-0.20**	0.03	-0.15
KIR	0.06	0.02	0.03	-0.03	**0.21**	-0.04
ERP	0.00	-0.04	0.00	-0.10	-0.05	-0.01
ERPo	-0.10	0.02	0.03	**0.25**	-0.09	**-0.22**
PTSo	-0.07	0.00	0.00	-0.03	0.01	-0.01
CKM	0.04	0.06	0.07	-0.08	0.08	0.14
NNWo	**-0.18**	-0.07	-0.02	-0.12	-0.10	-0.04
CAP	0.04	0.02	0.04	-0.08	**0.36**	-0.09
CAPo	0.01	0.01	-0.03	-0.09	0.06	-0.08
PXK	-0.01	-0.11		-0.03	-0.08	
PXKo	-0.03	-0.06		-0.04	0.02	
SAN	0.08	-0.02	0.00	0.17	-0.09	-0.08

Табела 4. Вредност MTN индекса за каталоге са улазним параметрима MSLP_Z500 груписане по просторним доменима (Европа и ЈИ Европа) и броју типова (9, 18 и 27).

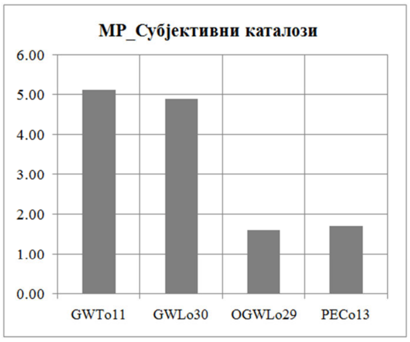
Типологије	Европа_9	Европа_18	Европа_27	ЈИ Европа_9	ЈИ Европа_18	ЈИ Европа_27
KRZ	-0.09	-0.07	-0.09	-0.03	0.04	0.00
PCT	-0.05	**-0.09**	-0.07	0.09	**-0.21**	**-0.22**
PXE	-0.02	**-0.09**		-0.15	-0.11	
ERP	**0.10**	-0.07	**0.12**	-0.03	0.05	-0.04
LND	0.05	-0.01	-0.05	**-0.15**	-0.13	-0.13
CAP	0.00	-0.01	0.03	-0.05	-0.14	-0.03
CKM	0.05	0.04	0.05	-0.10	-0.06	0.04
PXK	0.00	-0.05		-0.09	-0.15	
SAN	0.03	-0.07	0.00	-0.06	-0.02	-0.04

На основу приказаних резултата за све индексе се може закључити да постоје разлике између каталога циркулационих типова у погледу расподеле учесталости по типовима унутар сваког каталога, затим по унутаргодишњој и међугодишњој расподели учесталости типова, као и постојању тренда у учесталости типова за посматрани период. У условима када је исти просторни класификациони домен, класификовани параметри и број типова, ове разлике су директна последица одлика класификационих метода на којима се каталози заснивају. Такође, променом домена, класификационих параметара и броја типова мењају се вредности индекса. То значи да избор каталога циркулационих типова који ће се користи у одређеној анализи има значајан утицај на добијене резултате.

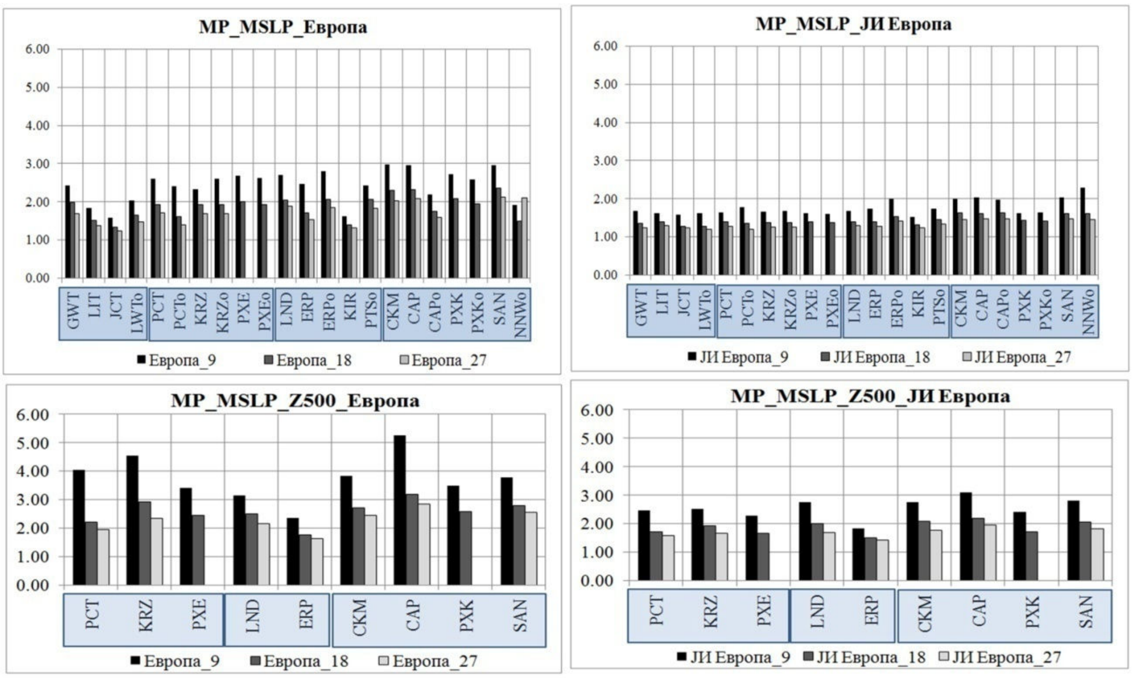
4.2. Компарација типова циркулације атмосфере према постојаности

Одлике постојаности (перзистентности) циркулационих типова су анализиране помоћу индекса MP који говори о просечној постојаности по типу за један каталог. Вредности индекса MP за субјективне каталоге су приказане на слици 16. Највише вредности MP су добијене за Хес-Брезовски систем (каталози GWLo11 и GWLo30 са просечним трајањем типова од ~ 5 дана) што је условљено класификационим правилом по коме је минимално трајање сваког типа ограничено на три дана. На слици 17 су приказане вредности MP за улазне параметре MSLP и MSLP_Z500. За улазни параметар MSLP и домен Европа

постоје веће разлике међу групама метода, најниже вредности се добијају за каталоге из групе метода базираних на „праговима” и поједине каталоге из метода водећих алгоритама (KIR) и метода оптимизације (NNWo). Највише вредности се добијају за поједине типологије из групе метода оптимизације (CAP и CKM). За домен ЈИ Европа индекс MP има уједначене вредности за готово све каталоге. Нешто више вредности се добијају за каталоге из групе метода оптимизације (типологије NNWo, SAN, CAP и CKM). За улазне параметре MSLP_Z500, за домен Европа, такође каталози међусобно показују веће разлике у вредностима MP индекса у односу на домен ЈИ Европа. Највише вредности се добијају за типологије CAP, KRZ и PCT за домен Европа, док за домен ЈИ Европа највише вредности су за типологију CAP.

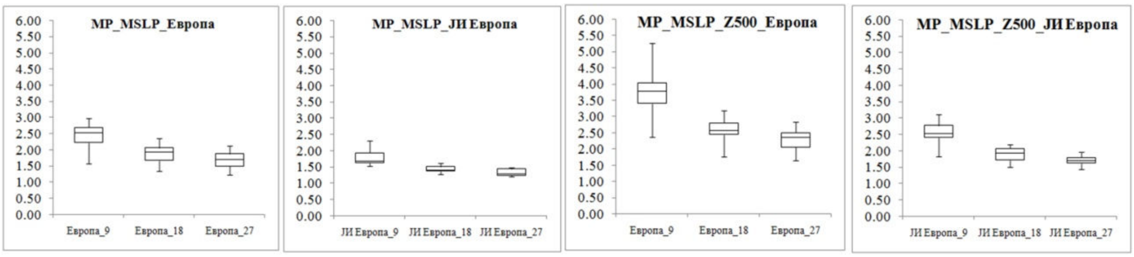


Слика 16. Вредности индекса MP за субјективне каталоге циркулационих типова.



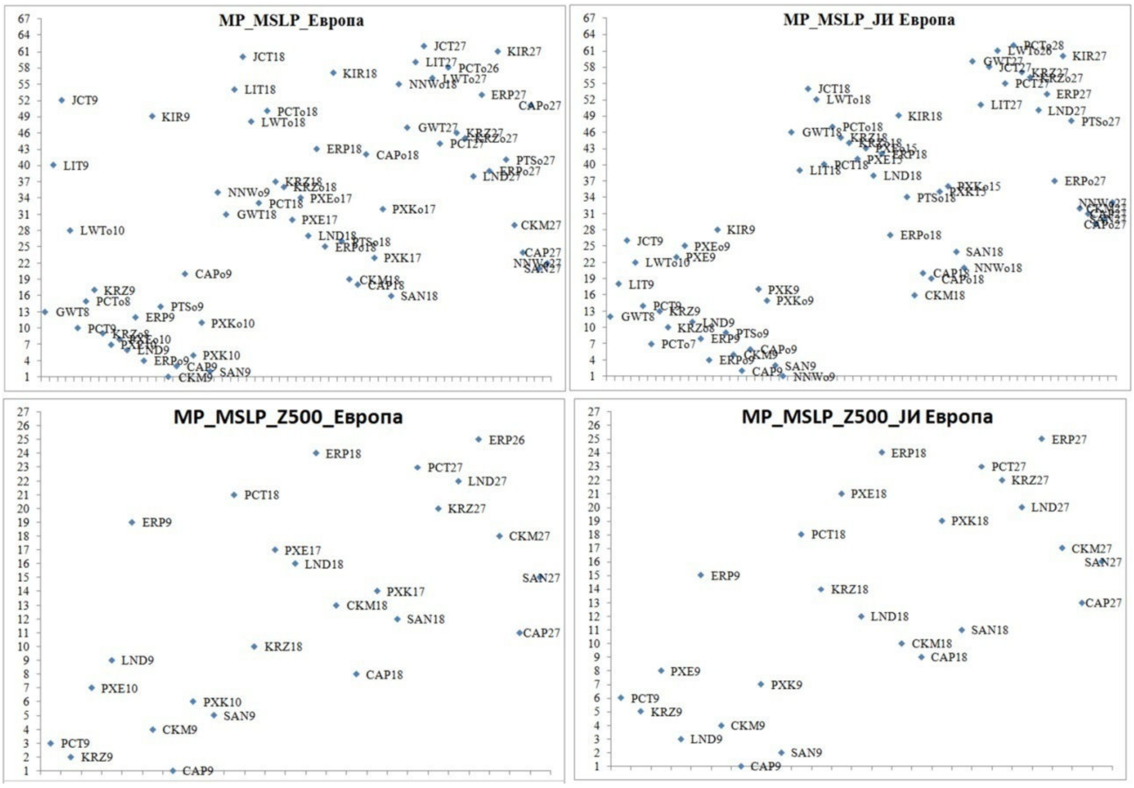
Слика 17. Вредности индекса MP за каталоге циркулационих типова груписаних по улазним параметрима MSLP и MSLP_Z500, домени Европа и ЈИ Европа.

Са повећањем броја типова смањује се и просечна постојаност по типу. Такође, са улазним параметрима MSLP_Z500 добијају се више вредности постојаности типова, при чему се више вредности добијају за домен Европа у односу на домен ЈИ Европа (слика 18). Више вредности за домен Европа указују да је већа постојаност система ваздушног притиска који дефинишу циркулационе услове на већем простору, тј. спорије се мењају у односу на системе ваздушног притиска са којима се дефинишу циркулациони услови на мањем простору (ЈИ Европа). У појединим случајевима просечна постојаност по типу за домен Европа достиже вредности од ~ 3 (MSLP) и ~ 5 (MSLP_Z500) дана, док за домен ЈИ Европа ~ 2 (MSLP) и ~ 3 (MSLP_Z500) дана. Ради упоредивости каталога према постојаности типова и издвајања каталога са највећом и најмањом постојаношћу по типу, а независно од броја типова, урађена је нормализација добијених вредности, а потом и статистичко рангирање (слика 19).



Слика 18. Бокс плотови за индекс MP за параметре MSLP и MSLP_Z500 приказано за домене Европа и ЈИ Европа и 9, 18 и 27 типова.

Каталози са највећом постојаношћу су CKM9, SAN9 и SAP9 (MSLP, домен Европа), NNWo9, CAP9 и SAN9 (MSLP, домен ЈИ Европа), CAP9, KRZ9 и PCT9 (MSLP_Z500, домен Европа) и CAP9, SAN9 и LND9 (MSLP_Z500, домен ЈИ Европа). Каталози са најмањом постојаношћу су JCT27, KIR27 и JCT18 (MSLP, домен Европа), PCTo27, LWTo27 и KIR27 (MSLP, домен ЈИ Европа), ERP26, ERP18 и PCT27 (MSLP_Z500, домен Европа) и ERP27, ERP18 и PCT27 (MSLP_Z500, домен ЈИ Европа).



Слика 19. Статистички ранг каталога циркулационих типова према нормализованим вредностима индекса МР за параметре MSLP и MSLP_Z500, домени Европа и ЈИ Европа. Ранг 1 има каталог са највећом просечном постојаношћу по типу.

Познавање (просечне) постојаности типова циркулације атмосфере је веома значајно за анализу временских и климатских услова на одређеном простору. Због тога познавање ове особине циркулационих типова унутар једног каталога је веома значајно. Приказане вредности индекса МР указују да постоје разлике међу каталозима које одражавају особености примењеног класификационог метода, али и простора за који се врши класификација (већи домен већа постојаност и обрнуто), параметара који се класификују и броја типова. То све може утицати на резултате истраживања, па се одабиру каталога који ће се користити мора посветити велика пажња.

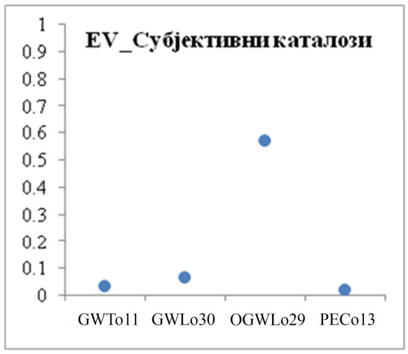
5. ОЦЕНА ПОГОДНОСТИ ЦИРКУЛАЦИОНИХ ТИПОВА У АНАЛИЗИ КЛИМАТСКИХ ЕЛЕМЕНАТА

У циљу избора каталога циркулационих типова који су најповољнији за анализу температурних и падавинских услова у Србији примењена је методологија представљена у одељку 3.5. и 3.6. Резултати за дневне температуре ваздуха су приказани у одељку 5.1., а за дневне падавине у одељку 5.2.

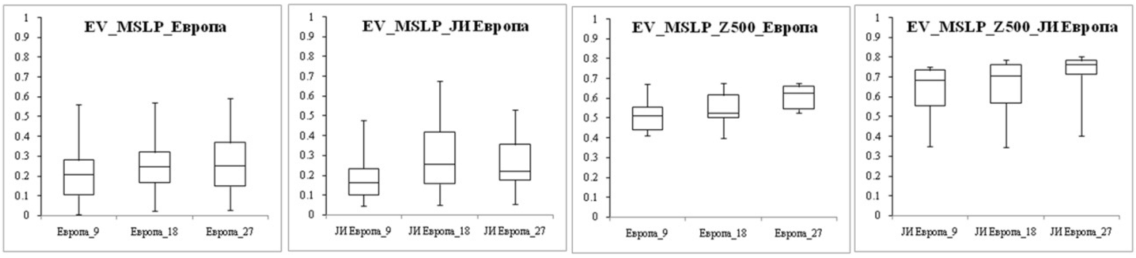
5.1. Дневне температуре ваздуха

Статистичком рангирању и избору каталога циркулационих типова који ће се користити у даљој анализи претходи приказ добијених вредности за индексе EV, PF и WSD по просторним доменима, броју типова и групама метода. Једино су субјективни каталози приказани засебно.

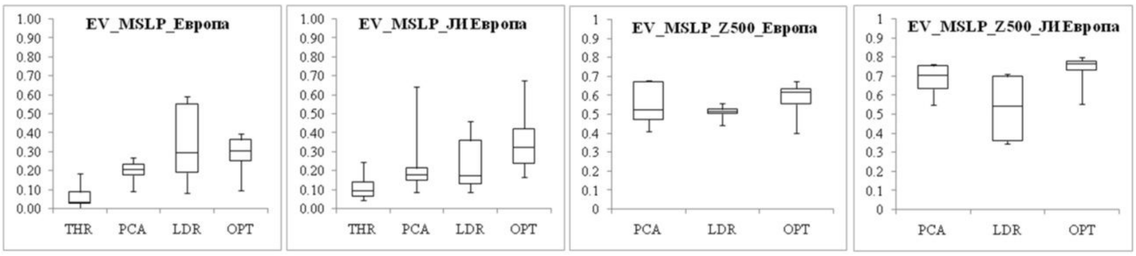
Међу субјективним каталозима далеко највише вредности индекса EV су добијене за каталог OGWLo29 (слика 20), што је опет мање у односу на каталоге који припадају групи метода које „производе” типове. На слици 21 су приказане вредности индекса EV за улазне параметре MSLP и MSLP_Z500 груписане по просторним доменима и броју типова. Знатно више вредности се добијају за MSLP_Z500. Са порастом броја типова расте вредност овог индекса што је нарочито евидентно за улазне параметре MSLP_Z500, као и више вредности за домен ЈИ Европа у односу на домен Европа. У погледу група метода (слика 22) по вишим вредностима предњаче каталози из групе алгоритима оптимизације у свим случајевима. Обзиром да веће вредности индекса EV значе и већу способност типова у разврставању температурних догађаја, даље поређење каталога урађено је само за каталоге базиране на MSLP_Z500.



Слика 20. Вредности индекса EV за субјективне каталоге циркулационих типова.

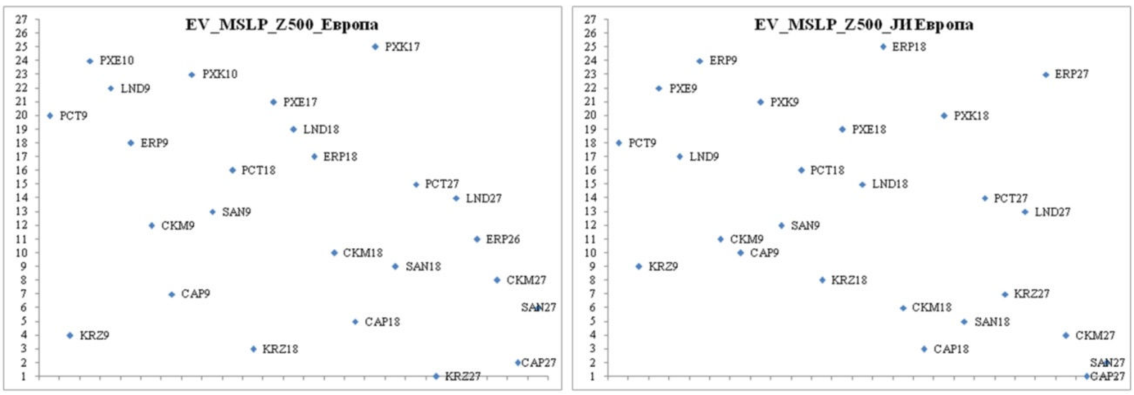


Слика 21. Бокс плотови за индекс EV за параметре MSLP и MSLP_Z500 приказано за домене Европа и ЈИ Европа и 9, 18 и 27 типова.



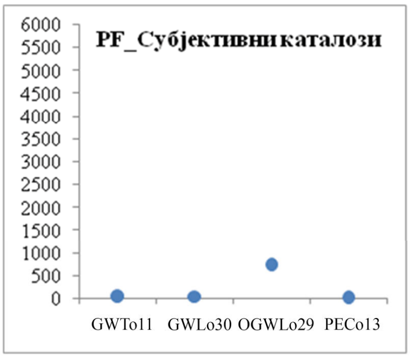
Слика 22. Бокс плотови за индекс EV за параметре MSLP и MSLP_Z500 приказано по групама класификационих метода (THR, PCA, LDR и OPT).

На слици 23 је приказан статистички ранг каталога базираних на MSLP_Z500 на основу нормализованих вредности индекса EV. За домен Европа највишим рангом се одликују каталози KRZ27, CAP27, KRZ18 и KRZ9, док за домен ЈИ Европа то су каталози CAP27, SAN27, CAP18 и CKM27.

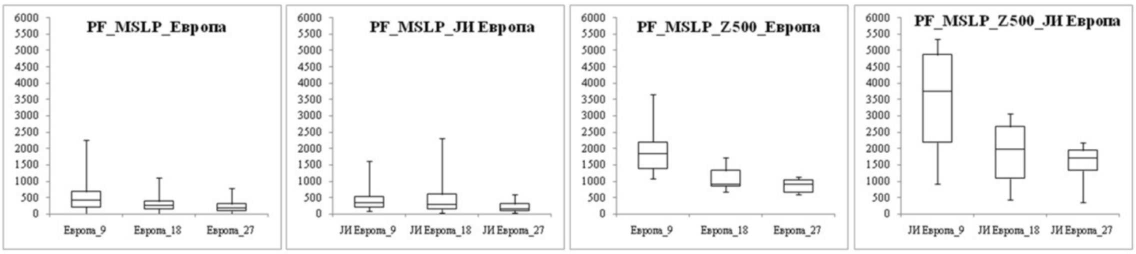


Слика 23. Статистички ранг каталога базираних на MSLP_Z500 за домене Европа и ЈИ Европа. Ранг 1 имају каталози са највишим вредностима индекса EV.

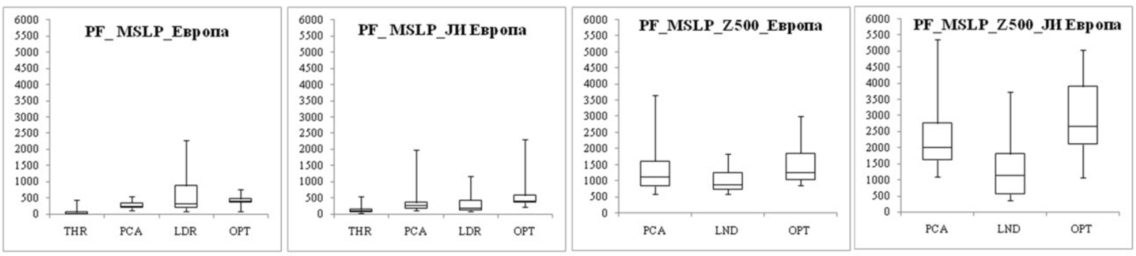
Међу субјективним каталозима по вредностима PF индекса се истиче каталог OGWLo29, премда са нижом вредношћу (слика 24) у односу на каталоге из групе метода које „производе” типове. На слици 25 су приказане вредности индекса PF за улазне параметре MSLP и MSLP_Z500 груписане по просторним доменима и броју типова. Као и у предходном случају знатно више вредности индекса су добијене за каталоге базиране на MSLP_Z500 и за домен ЈИ Европа у односу на домен Европа, али сада са порастом броја типова опада вредност индекса PF. У погледу група метода (слика 26) највишим вредностима се одликују каталози из групе алгоритама оптимизације (OPT), као и поједини из групе метода базираних на анализи главних компоненти (PCA).



Слика 24. Вредности индекса PF за субјективне каталоге циркулационих типова.

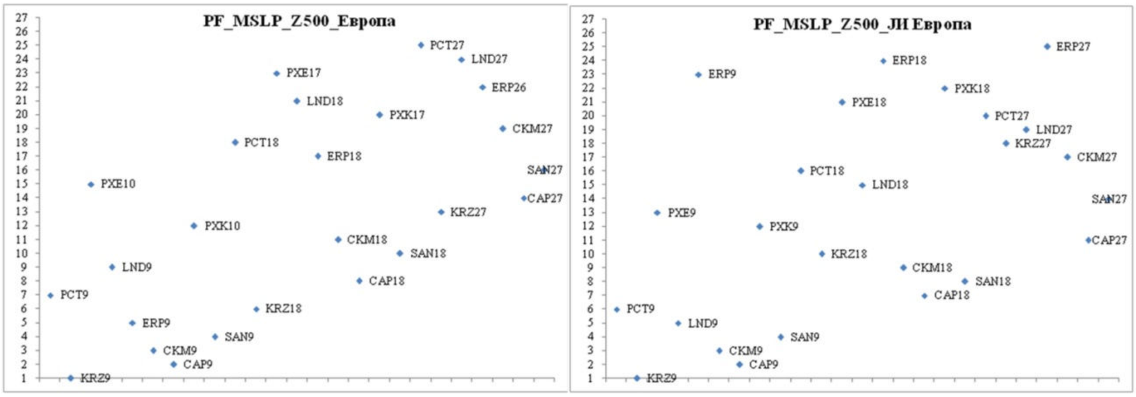


Слика 25. Бокс плотови за индекс PF за параметре MSLP и MSLP_Z500 приказано за домене Европа и ЈИ Европа и 9, 18 и 27 типова.



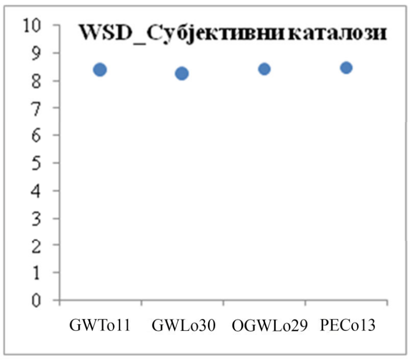
Слика 26. Бокс плотови за индекс PF за параметре MSLP и MSLP_Z500 приказано по групама класификационих метода (THR, PCA, LDR и OPT).

Обзиром да су далеко више вредности за индекс PF добијене за каталоге базиране на MSLP_Z500 (него за MSLP) извршено је рангирање њихових нормализованих вредности идекса PF, како би се неутралисао утицај броја типова и издвојили каталози са највишим вредностима (слика 27). Највиши ранг је добијен за каталоге KRZ9, CAP8 и CKM9 за оба домена.

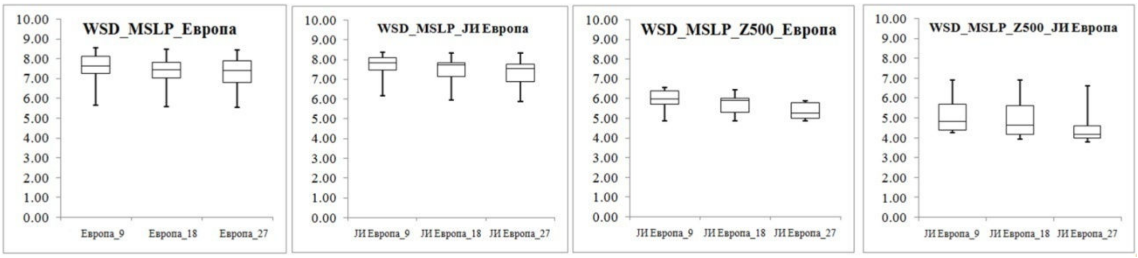


Слика 27. Статистички ранг каталога базираних на MSLP_Z500 за домене Европа и ЈИ Европа. Ранг 1 имају каталози са највишим вредностима индекса PF.

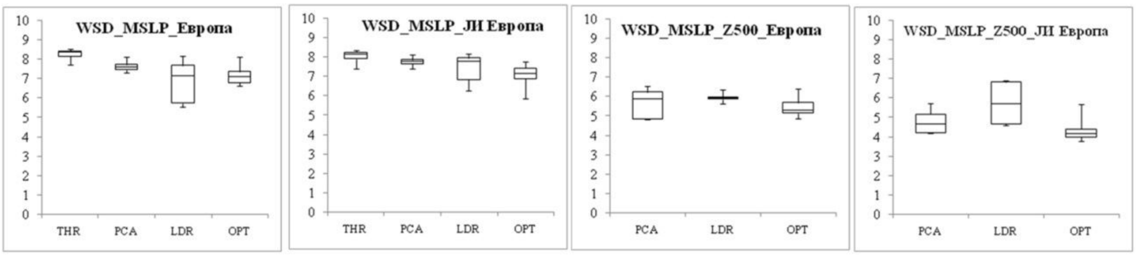
За субјективне каталоге добијају се уједначено високе вредности WSD индекса (слика 28). Индекс WSD показује више вредности за улазни параметар MSLP него за MSLP_Z500, док са повећањем броја типова у мањој мери опада његова вредност (слика 29). У односу на домене незнатно више вредности се добијају за домен Европа него ЈИ Европа. Генерално, каталози засновани на алгоритмима оптимизације имају најниже вредности индекса, док су у већини случајева каталози са највишим вредностима из групе водећих алгоритама (такође код параметра MSLP каталози засновани на „праговима” имају највише вредности индекса WSD, слика 30). Међутим, за разлику од идекса EV и PF, у случају индекса WSD предност се даје каталозима са мањим вредностима, односно у даљој анализи посматрани су само каталози базирани на MSLP_Z500.



Слика 28. Вредности индекса WSD за субјективне каталоге циркулационих типова.

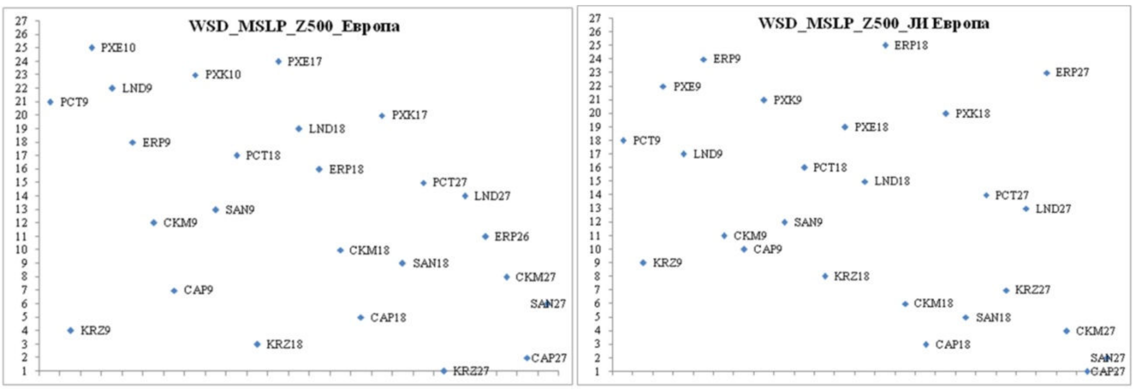


Слика 29. Бокс плотови за индекс WSD за параметре MSLP и MSLP_Z500 приказано за домене Европа и ЈИ Европа и 9, 18 и 27 типова.



Слика 30. Бокс плотови за индекс WSD за параметре MSLP и MSLP_Z500 приказано по групама класификационих метода (THR, PCA, LDR и OPT).

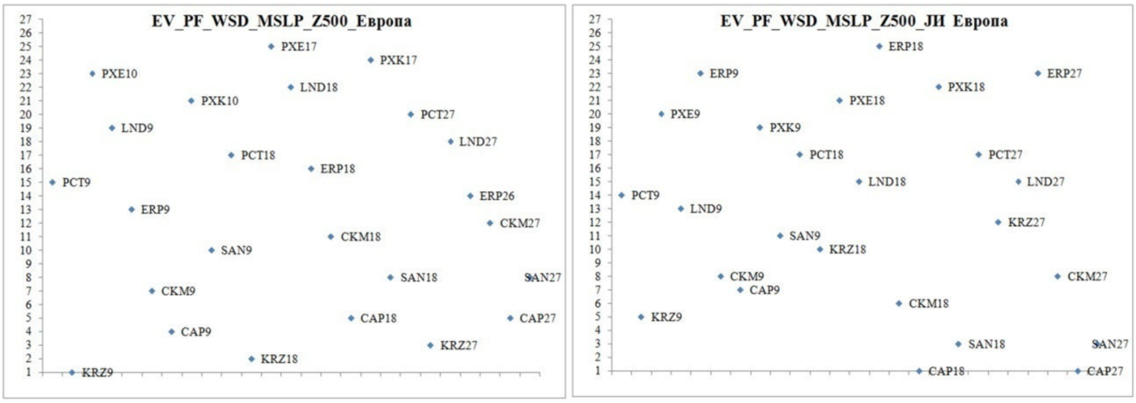
На основу статистичког ранга нормализованих вредности индекса WSD базираних на MSLP_Z500 могу се издвојити каталози који показују најбоље резултате у анализи температура ваздуха (слика 31). За домен Европа то су KRZ27, CAP27 и KRZ18, док за домен ЈИ Европа CAP27, SAN27 и CAP18.



Слика 31. Статистички ранг каталога базираних на MSLP_Z500 за домене Европа и ЈИ Европа. Ранг 1 имају каталози са најнижим вредностима индекса WSD.

Како би се извршио коначан одабир каталога циркулационих типова који ће се користити у даљој анализи температура ваздуха утврђено је средњи ранг за сва

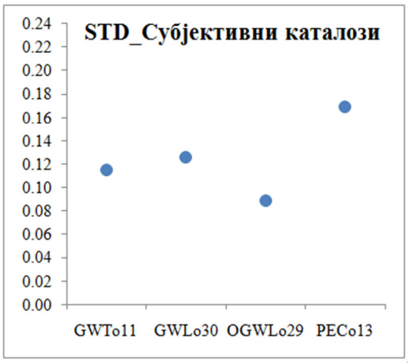
три индекса (слика 32). Субјективни каталози нису разматрани обзиром да за сва три индекса имају лошије скорове у односу на методе које „производе” типове. Свеукупно, каталог који има најбољи скор за домен Европа је KRZ9, а за домен ЈИ Европа су то каталози CAP18 и CAP27. Уједно то су каталози који ће бити разматрани у даљој анализи температура ваздуха на простору Србије.



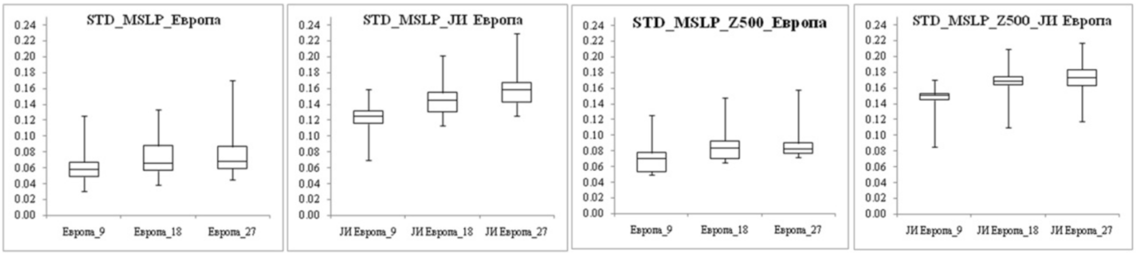
Слика 32. Статистички ранг каталога на основу вредности индекса EV, PF и WSD. Каталози са рангом 1 имају најбољи скор за сва три индекса.

5.3. Дневне падавине

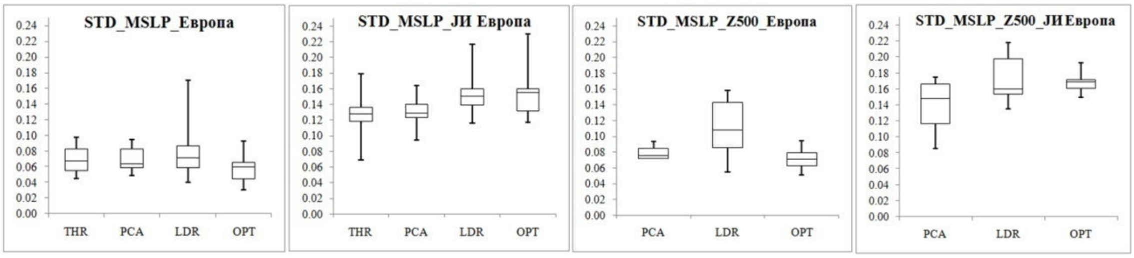
За оцену каталога према способности раздвајања дана са падавинама и дана без падавина коришћен је индекс STD. Добијене вредности су приказане на сликама 33-35. Као и у случају температура ваздуха, за параметре MSLP и MSLP_Z500 извршено је груписање по доменима, броју типова и групама метода. У односу на просторни домен, више вредности показују типологије за ЈИ Европу у односу на Европу, типологије са већим бројем типова и типологије из групе метода базираних на водећим алгоритмима. У погледу улазног параметра добијају се приближно исте вредности. Такође, у групи субјективних каталога по вишим вредностима индекса се издваја каталог PECo13.



Слика 33. Вредности индекса STD за субјективне каталоге циркулационих типова.

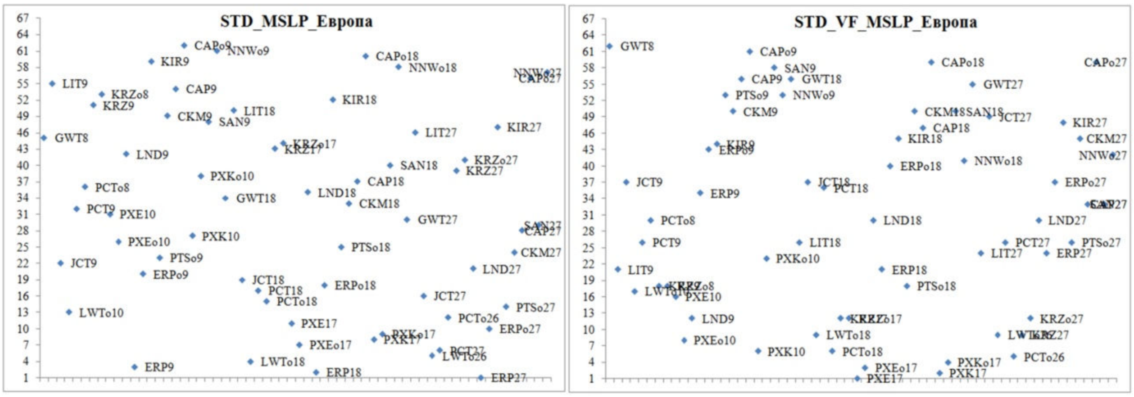


Слика 34. Бокс плотови за индекс STD за параметре MSLP и MSLP_Z500 приказано за домене Европа и ЈИ Европа и 9, 18 и 27 типова.

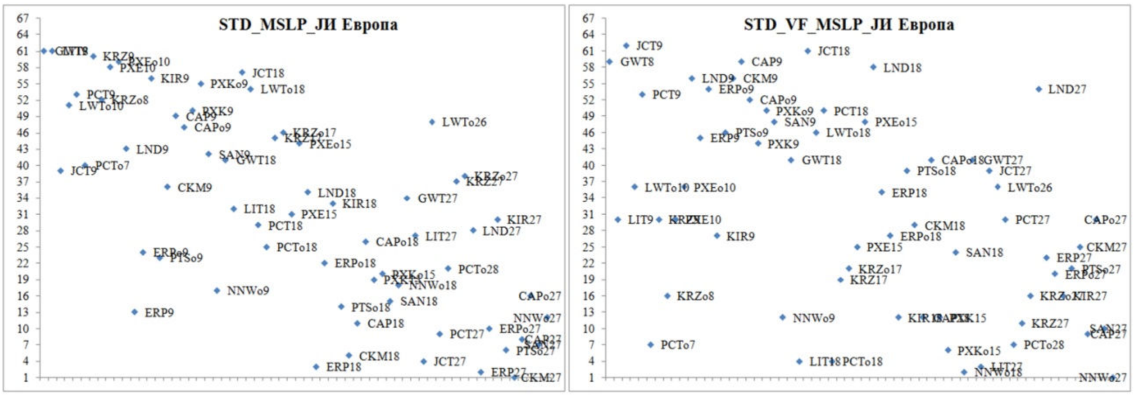


Слика 35. Бокс плотови за индекс STD за параметре MSLP и MSLP_Z500 приказано по групама класификационих метода (THR, PCA, LDR и OPT).

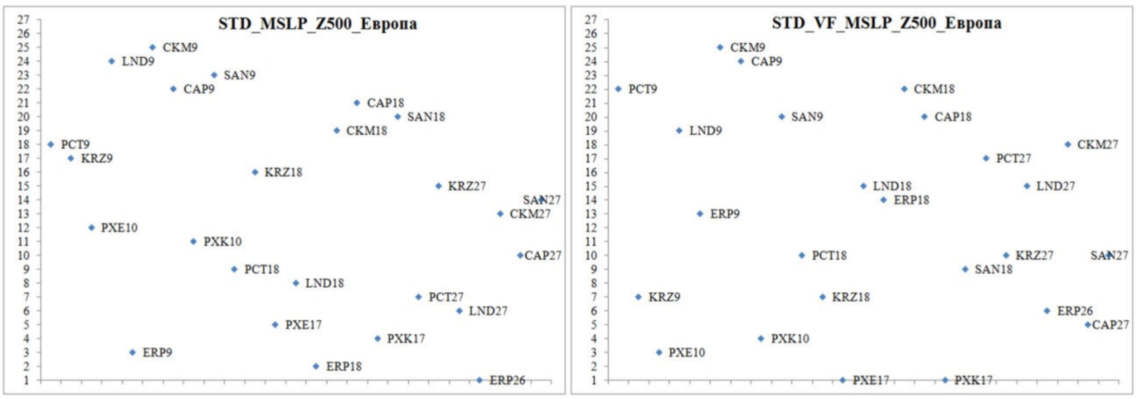
На сликама 36-39 се може упоредити ранг каталога базиран само на вредностима индекса STD, као и према вредностима индекса STD и VF, односно средњем рангу за ова два индекса за MSLP и MSLP_Z500 и домене Европа и ЈИ Европа. Вредности индекса STD и VF су нормализоване како би се елеминисао утицај броја типова. Значај овог корака се најјасније види на примеру каталога ERP27, за домен Европа, улазни параметар MSLP, који је на основу вредности за индекс STD (0,17) на првом месту по рангу, а на основу вредности за индекс VF (0,79) на последњем месту по рангу.



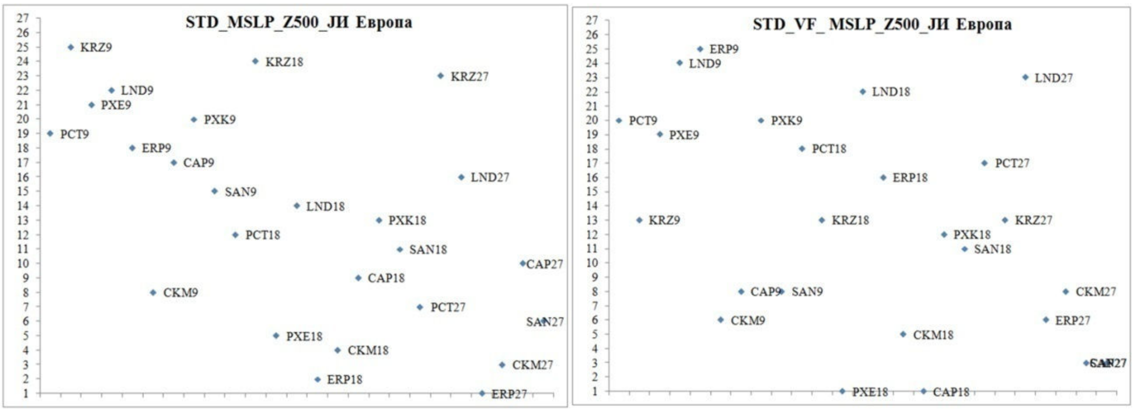
Слика 36. Ранг каталога циркулационих типова на основу добијених вредности за индекс STD и средњи ранг на основу добијених вредности за индексе STD и VF за MSLP и домен Европа.



Слика 37. Ранг каталога циркулационих типова на основу добијених вредности за индекс STD и средњи ранг на основу добијених вредности за индексе STD и VF за MSLP и домен ЈИ Европа.



Слика 38. Ранг каталога циркулационих типова на основу добијених вредности за индекс STD и средњи ранг на основу добијених вредности за индексе STD и VF за MSLP_Z500 и домен Европа.



Слика 39. Ранг каталога циркулационих типова на основу добијених вредности за индекс STD и средњи ранг на основу добијених вредности за индексе STD и VF за MSLP_Z500 и домен ЈИ Европа.

На основу средњег ранга за индексе STD и VF најбоље резултате су показали:

а) за домен Европа, улазни параметар MSLP: PXE17 (STD = 0,09, VF = 0,18) и PXK17 (STD = 0,09, VF = 0,22),

б) за домен ЈИ Европа, улазни параметар MSLP: NNWo18 (STD = 0,16, VF = 0,25) и NNWo27 (STD = 0,16, VF = 0,20),

в) за домен Европа, улазни параметар MSLP_Z500: PXE17 (STD = 0,09, VF = 0,19) и PXK17 (STD = 0,09, VF = 0,40) и

г) за домен ЈИ Европа, улазни параметар MSLP_Z500: PXE18 (STD = 0,17, VF = 0,17) и CAP_18 (STD = 0,16, VF = 0,34).

За избор по два каталога, за сваки домен и улазни параметар, пресудно је било то што наведени каталози имају исте или приближно исте вредности индекса STD и VF, односно веома мале разлике су довеле до тога да један каталог буде први тј. други по рангу. Такође, исте или приближно исте вредности се добијају за индекс STD независно од улазног параметра, што све наведене каталоге чини довољно квалификованим за анализу падавина у Србији. Такође, по добијеним вредностима истиче се и субјективни каталог PECo13. Изабрани су они каталози код којих је комбинација два услова показала најбоље резултате: каталози са најравномернијом учесталошћу типова и у односу на то падавински догађаји показују највећу варијабилност учесталости по типовима.

Анализирана је и способности циркулационих типова за разврставање падавинских дођагађа различитих по интезитету. Тестирана је сличност функција расподела вероватноћа за падавинске догађаје по типовима применом Колмогоров-Смирнов теста (КС). Каталози који имају највећи број типова код којих се функције расподеле вероватноћа падавина за догађаје унутар њих разлику како од функција расподеле вероватноћа свих осталих падавинских догађаја, тако и од функција расподеле вероватноћа за падавинске догађаје унутар других типова су одабрани као најпогоднији за анализу падавина. У табелама 5 и 6 је приказано колико у просеку (изражено у %) сваки тип има различиту функцију расподеле вероватноћа у односу на остале типове у оквиру једног каталога (показатељ S), као и колико у просеку типова у оквиру једног каталога има функцију расподеле вероватоћа за падавинске догађаје унутар њега различите од функције расподеле вероватноћа свих осталих падавинских догађаја (показатељ O).

Табела 5. Резултати примене КС теста за каталог PECo13.

Резултати КС теста		PECo13
O	Просек	57.4%
	Ст.дев	16.0%
S	Просек	59.1%
	Ст.дев	16.0%

Табела 6. Резултати примене КС теста за одабране каталоге за домене Европа и ЈИ Европа. Представљене су средње вредности и стандардне девијације за параметре O и S.

Резултати КС теста		Европа				ЈИ Европа			
		MSLP		MSLP_Z500		MSLP		MSLP_Z500	
		PXE17	PXK17	PXE17	PXK17	NNWo18	NNWo27	PXE18	CAP18
O	Просек	41,2%	39,2%	50,2%	**60,4%**	59,0%	52.8%	**61.6%**	55.6%
	Ст.дев.	12,3%	13,1%	10,8%	**12,7%**	8.2%	8.1%	**6.9%**	7.5%
S	Просек	37,8%	39,1%	44,9%	**48,4%**	67.0%	55.4%	**66.3%**	59.3%
	Ст.дев	7,5%	9,2%	7,3%	**6,0%**	12.1%	8.4%	**11.0%**	13,0%

Највише вредности су добијене за каталоге код којих су улазни параметри MSLP_Z500, и то за домен Европа каталог PXK17 (S = 48,4% и O = 60,4%), док за домен ЈИ Европа PXE18 (S = 61,6% и O = 66,3%). Овим је завршен финални избор класификација које ће се користити надаље у анализама просторне расподеле падавина у Србији.

6. ОДЛИКЕ ЦИРКУЛАЦИОНИХ ТИПОВА ПОВОЉНИХ ЗА ОДРЕЂЕНЕ ДОГАЂАЈЕ

Анализиране су одлике циркулационих типова и у вези са њима температурни и падавински услови на простору Србије. Типови циркулације атмосфере су део каталога који су оцењени као најповољнији у анализи посматраних климатских елемената (поглавље 5.). За сваки од типова унутар једног каталога израчунато је више показатеља:

а) учесталост типова унутар каталога (U, у %). Типови чија је учесталост мања од 1% нису анализирани;
б) просечне дневне температуре ваздуха (Tsr, у °C) и просечне дневне падавине (R, у mm) за сваки од типова, унутар каталога, за све анализиране станице. Из станичних вредности је изведен просек за Србију. У случају падавина, добијене вредности представљају просек по падавинском дану (дан са падавинама је дефинисан као дан у коме су измерене падавине $\geq 0{,}1$ mm);
в) стандардна девијација (S) станичних вредности за Tsr и R за сваки од типова унутар каталога. На основу стандардне девијације и просечних вредности се може извести коефицијент варијације као њихов однос, а који говори о просторној варијабилности температурних и падавинских услова у Србији при одређеним синоптичким ситуацијама;
г) Коефицијенти ефективности (E) циркулационих типова за екстремне температурне и падавинске догађаје (на основу методологије из одељка 3.7.).

Сви прорачуни су урађени на годишњем и сезонском нивоу укључујући најхладнији (јануар) и најтоплији (јул) месец у току године, односно месец са највише падавина (јун) на већини станица.

Приказ сваког типа је представљен просторном расподелом класификованих варијабли тј. расподелом ваздушног притиска (у mb) на нивоу мора (у даљем

тексту означавана као „приземна ситуација”) и надморском висином (у m[6]) геопотенцијалног поља од 500hPa (у даљем тексту означавана као „висинска ситуација”). Приказане расподеле ваздушног притиска су на нивоу свих случајева у току године који припадају сваком од типова. Такође, расподела ваздушног притиска за мањи домен (ЈИ Европа) је приказана на нешто већем подручју (задржана је иста резолуција) како би се олакшало тумачење циркулационих одлика које су производ дешавања у ширем окружењу. Одлике циркулационих типова су анализиране на основу положаја поља високог и/или ниског притиска и њиховог утицаја на кретање ваздушних маса. Потребно је нагласити да су правац и смер циркулације одређивани само на основу баричког рељефа и њиховим утицајем претпостављеног кретања ваздушних маса. У случају висинске ситуације посебан акценат је стављен на меридијално померање умереноширинског фронта, односно високог притиска на север у току лета, тј. ниског притиска ка југу у зиму северне хемисфере. Ово померање је праћено на основу положаја изобарске површине од 500 hPa на висини од 5,5 km. Одабрана је изохипса од 5,5 km јер је то просечна висина површине од 500 hPa, при чему актуелна висина зависи од динамичких и термичких фактора који утичу на вертикалну дистрибуцију ваздушних маса (Shelton, 2009).

У зависности од одлика ваздушних маса које продиру на територију Србије, а чије физичке особине су одраз географских области у којима се формирају, њихов утицај на временске услове је различит. Одређене синоптичке ситуације условљавају више или ниже вредности температура ваздуха и падавина, те условно можемо говорити о „топлим” или „хладним ” типовима, односно „више важним” или „мање важним” типовима. У односу на то да ли су просечне дневне температуре или падавине унутар једног типа више или ниже у односу на дневни просек у посматраном периоду (година или сезона) типови се могу поделити у

[6] Висина геопотенцијалног поља се изражава у геоптенцијалним метрима (gpm) или у геометријским метрима (m). Однос између геопотецијалне висине (Z) и геометријске висине (z) се изражава преко формуле: $Z = \frac{1}{9{,}8}\int_0^z g dz$, где је g гравитационо убрзање. Стварне разлике између Z и z у доњој атмосфери су веома мале. У првих 22 km атмосфере те разлике не прелазе 1%, па је Z(gpm) ≈ z(m) оправдано, нарочито у тропосфери.

више група, при чему каталози са већим бројем типова омогућавају детаљније разврставање типова према термичким одликама и одликама влажности. Израчунато је да просечна дневна температура ваздуха на годишњем нивоу за Србију износи 10,3°C, за пролеће 10,4°C, за лето 19,5°C, за јесен 10,6°C, за зиму 0,3°C, за јануар -0,9°C и за јул 20,2°C. Просек дневних падавина за Србију на годишњем нивоу износи 4,99 mm по падавинском дану, у пролеће 4,72 mm, у лето 6,55 mm, у јесен 3,79 mm, у зиму 3,79 mm и у јуну 6,5 mm. Наведене вредности се односе на период 1961-2000. година.

6.1. Дневне температуре ваздуха

Одлике типова, каталог KRZ9

Резултати за показатеље одлика циркулационих типова у анализи дневних температура ваздуха су приказани у табели 7 за каталог KRZ9 (домен Европа). Према просечним дневним температурама на годишњем нивоу типови се могу разврстати у три групе: „топли” (Тип_7, Тип_8 и Тип_9), „умерени” (Тип_4, Тип_5 и Тип_6) и „хладни” (Тип_1, Тип_2 и Тип_3) типови. Оваква расподела типова према термичким одликама се преноси и на сезонски ниво. На основу просечних дневних температура за Србију у целини и стандардне девијације станичних вредности се може закључити да типови који су доминантнији у хладнијој половини године показују већу варијабилност у просторној расподели температура ваздуха. Radinović (1981) истиче да је за време зиме утицај орографије у модификацији процеса великих размера већи него што је то случај у лето, чиме се могу објаснити добијени резултати. Приказ типова је дат на сликама 40-42.

Тип_1 је најучесталији у зиму (21,1%), а потом у пролеће (9,6%), док у јесен има малу учесталост (1,6%), а у лето изостаје. Припада групи „хладних” типова, са најнижим просечним дневним температурама ваздуха у Србији међу свим типовима, у току зиме са вредношћу од -0,8°C, односно у јануару са -2,4°C. Према расподели ваздушног притиска на нивоу мора одликује га поље високог притиска

на истоку домена под чијим утицајем је већи део Европе. Гребен овог баричког система се простире ка северозападу и спаја се са пољем високог притиска изнад Гренланда. У средишњем делу Северног Атлантика развијено је поље ниског притиска чија се оса долине простире према југоистоку и преко југозапада Европе продире у Средоземље, где се у области Ђеновског залива јавља секундарно поље ниског притиска. Утицај овог поља је евидентан у западном приобалном делу Балканског полуострва, док се његов највећи део, укључујући простор Србије налази под утицајем антициклона са истока. У таквим ситуацијама у току зиме простор Србије је изложен продорима хладног ваздуха из источног квадранта, чиме се у случају овог типа могу објаснити ниске вредности дневних температура ваздуха. Висина геопотенцијалног поља од 500 hPa у јужној половини домена, укључујући и простор Србије, показује доминанто зонално западно оријентисано струјање, док се у западном делу северне половине домена простире поље високог притиска у виду гребена ка северу. Положај изохипсе од 5,5 km, која је позиционирана изнад јужног дела Средоземног мора, објашњава изостанак овог типа у току лета, односно његову доминацију у хладнијој половини године, када се умереноширинска област ниског притиска помера ка југу пратећи померање термичког екватора на Земљи. Утицај орографије је условио да за време овог типа најниже просечне дневне температуре ваздуха су добијене за станице на највећим надморским висинама (у зиму најниже вредности су добијене за Копаоник -5,7°C, Сјеницу -3,6°C и Златибор -2,7°C). Ниже вредности од просека за целу Србију у зиму имају и станице на северу: Палић -1,4°C, Кикинда -1,2°C и Сомбор -1,4°C. Највише просечне дневне температуре у зиму су добијене за станице у западном (Лозница -0,1°C, Ваљево -0,1°C), централном (Београд 0,4°C, Крагујевац 0,3°C, Краљево 0,2°C) и југоисточном делу Србије (Пирот 0,5°C, Врање 0,6°C и Ниш 0,7°C).

Табела 7. Учесталост типова (U, у %), просечна дневна температура ваздуха (Tsr, у °C) и стандардна девијација просечних дневних температура ваздуха (S, у °C) на станицама у Србији за сваки тип циркулације атмосфере, KRZ9, домен Европа. (-) тип изостаје; (--) учесталост типа је <1%

		Тип_1	Тип_2	Тип_3	Тип_4	Тип_5	Тип_6	Тип_7	Тип_8	Тип_9
Година	U	8,0	8,5	17,3	11,5	10,3	11,3	13,2	14,4	5,5
	Tsr	0,9	1,8	2,0	12,1	10,8	8,7	18,6	19,1	18,0
	S	1,5	1,6	1,5	1,9	1,8	1,6	2,1	2,0	2,0
Пролеће	U	9,6	10,7	14,1	32,5	19,5	10,0	3,0	--	--
	Tsr	4,4	5,8	5,1	13,5	12,6	10,9	16,2	--	--
	S	1,9	2,0	2,0	2,1	2,2	2,2	2,1	--	--
Лето	U	-	-	-	1,2	--	--	41,7	46,2	10,2
	Tsr	-	-	-	16,0	--	--	19,3	19,7	20,1
	S	-	-	-	2,1	--	--	2,1	2,1	2,2
Јесен	U	1,6	1,5	5,4	10,8	19,4	30,9	8,0	10,6	11,8
	Tsr	2,9	1,9	3,5	8,8	9,4	8,8	15,9	16,3	16,2
	S	1,4	1,4	1,4	1,6	1,6	1,5	2,0	1,9	1,8
Зима	U	21,1	21,9	50,0	1,1	1,7	4,3	-	-	-
	Tsr	-0,8	-0,2	0,8	4,4	3,9	4,3	-	-	-
	S	1,3	1,4	1,5	0,4	0,5	0,4	-	-	-
Јануар	U	21,6	23,4	52,8	-	-	1,1	-	-	-
	Tsr	-2,4	-1,1	-0,3	-	-	2,8	-	-	-
	S	1,2	1,4	1,4	-	-	1,5	-	-	-
Јул	U	-	-	-	-	-	-	42,7	50,8	6,5
	Tsr	-	-	-	-	-	-	20,2	20,2	19,6
	S	-	-	-	-	-	-	2,1	2,1	2,2

Тип_2 по расподели учесталости и просечним дневним температурама ваздуха прати Тип_1. У северној половини домена уочава се Исландски циклон са гребеном у правцу североистока и секундарним пољем ниског притиска на северу Скандинавије. Као и код Типа_1, и овде је развијено антициклонско поље на истоку домена, али са осом гребена у правцу југозапада спајајући се са гребеном Азорског антициклона. У свом простирању ка западу, изобаре које су део гребена антициклона прате обале мора, укључујући и оне са Балканским полуострвом. У Средоземном мору се увиђа поље ниског притиска са центром у области Корзике.

Поље ниског притиска у западном Средоземљу и често образовање циклона у овој области у току зиме се може објаснити термичким ефектом мора и динамичким ефектом масива Алпа (Radinović, 1965). Дуцић и Радовановић (2005) истичу да се због велике разуђености, односно нехомогености Средоземља, зими издвајају две депресије – Ђеновска и Кипарска. Простор Србије се налази под утицајем поља високог притиска са истока. У току зиме, антициклони чија језгра леже источно и североисточно од Србије су термичког порекла и условљавају продор хладног континенталног ваздуха. Овакви системи се губе већ на висинама од 700 hPa (≈ 3 km висине) и изнад њих се појављују висинске депресије (Dobrilović, 1960). Висинска ситуација се одликује благо израженим гребеном у западном делу домена и долином у источном делу домена. У таквим условима изнад простора Србије доминира северозападна и западна циркулација атмосфере. Положај изохипсе од 5,5 km је истоветан као код Типа_1, тј. ради се о висинској циркулацији која је карактеристична за зимску сезону.

Тип_3 је најучесталији међу типовима на годишњем нивоу са 17,3%. Најучесталији је тип у току зиме и чини половину времена током ове сезоне. У пролеће је заступљен са 14,1%, у јесен са 5,4%, док у лето изостаје. Припада групи „хладних” типова. У приземној расподели ваздушног притиска на простору Јужне Европе доминира гребен Азорског антициклона, док на простору Северне Европе поље ниског притиска које се простире у ширем и континуираном појасу од Гренланда преко севера Скандинавског полуострва и даље ка истоку. Простор Србије је под утицајем гребена Азорског антициклона и обухваћен је изобаром од 1020 mb са условима за северозападно оријентисано струјање ваздуха. У погледу висинске ситуације, у склопу таласа зоналне струје, изнад простора Србије је заступљено северозападно струјање. При оваквим ситуацијама дешавају се продори ваздушних маса из северног квадранта. У склопу овог таласа изохипса од 5,5 km у западном делу домена достиже око 45°N, док у источном делу домена око 37°N. Dobrilović (1960) истиче да је преовлађујуће струјање са северозапада на простору Србије последица „уклапања” овог смера у западну струју опште циркулације атмосфере умерених ширина. Према Radinoviću (1981) оваква циркулација и у приземљу и на висини одговара северозападном временском

стању које је најчешће код нас. При овом стању, ваздушне масе које доспевају у нашу земљу моги бити веома различите – од веома хладних и сувих артичких до веома топлих и влажних тропских у зависности од макро-атмосферске циркулације. За Тип_3 у току зиме су добијене релативно више дневне температуре у односу на Тип_1 и Тип_2, при чему се задржава иста просторна расподела. Станице на највишим надморским висинама и даље се одликују најнижим просечним дневним температурама (Копаник -4,4°C, Сјеница -3,2°C и Златибор -1,5°C), док се највећи број станица одликује позитивним вредностима температура, а у појединим случајевима и са вредностима већим од 2,0°C (Лозница 2,1°C, Београд 2,6°C).

Тип_4 је најзаступљенији међу типовима у пролеће са 32,5%. У јесен је заступљен са 10,8%, док у лето и зиму тек са неколико процената. Изостаје у јануару и јулу, односно учесталост му је мања од 1%. Припада групи типова који су у вези са умереним температурним условима („умерени" типови). Тип_4 одликује у источном делу Северног Атлантика развијено поље ниског притиска чија се оса долине простире ка југоистоку преко Западне Европе ка Медитерану где се спаја са пољем ниског притиска изнад Северне Африке и Југозападне Азије. На простору Балкана граница ове долине прати правац пружања планинских венаца на западу полуострва. Ова развијена депресија, са притиском од 1010 mb у централном делу, се простире између Азорске области високог притиска на југу и поља високог притиска које се на северу протеже од Гренланда у працу југоистока ка северним деловима Европе. Простор Балкана је под утицајем јужног, југоисточног и источног струјања, а у зависности од доминације поља високог или ниског притиска могу се очекивати антициклонске/циклонске одлике времена. Радиновић и Дуцић (1998) истичу да током јесени и пролећа на климу Србије велики утицај имају медитерански циклони. Уколико се погледа висинска ситуација, уочавају се зонално оријентисане изохипсе геопотенцијалног поља од 500 hPa изнад Јужне Европе и Балкана условљавајући изнад Србије претежно западно струјање. Северније, над већим делом Европе је заступљено југозападно висинско струјање. Код Типа_4 који обухвата трећину времена у току пролећа вредност ваздушног притиска од 500 hPa на висини од 5,5 km се протеже јужно од

Пиринеја, Алпа, Карпата и даље ка истоку северно од Црног мора и Каспијског језера. Иако је у приземљу веома сличан са Типом_1, висинска ситуација указује да се ради о циркулацији која је карактеристична у прелазним сезонама у току године. Коефицијент варијације за просечне температуре у пролеће на станицама у Србији за овај тип износи 0,35, при чему су вредности дневних температура мање од 10,0°C добијене за Копаоник (4,7°C), Сјеницу (9,1°C) и Златибор (9,7°C), док се за остале станице вредности крећу од 12,2°C за Рудник до 15,4°C за Београд.

Тип_5 је један од учесталијих типова у пролеће и јесен. У лето изостаје, а у зиму га одликује веома мала учесталост. Припада групи „умерених" типова. Расподела притиска у приземљу је слична као код Типа_2. Одликује га гребен Азорског антициклона који се преко Средње Европе спаја са гребеном антициклона из правца истока. Северно је развијена Исландска циклогенетска област са долином чија се оса простире као Северној Европи, док јужно, на простору Северне Африке и Медитерана је такође област ниског притиска. Највећи део Балканског полуострва (изузев крајњег запада) је под утицајем гребена антициклона из правца истока, те је доминатан утицај југоисточног и источног струјања. Изохипсе поља од 500 hPa изнад читавог домена имају зоналну оријентацију, са претежно западним струјањем (као што је то случај и изнад Балканског полуострва). Изохипса од 5,5 km се налази северније него што је то случај код Типа_4 и такође указује да се ради о атмосферској циркулацији карактеристичној за прелазну сезону. Расподела дневних температура за време овог типа показује релативно малу варијабилност; коефицијент варијације има вредности од 0,12 у зиму до 0,17 у пролеће и на годишњем нивоу.

Тип_6 је најучесталији међу типовима у јесен са 30,9%. Изостаје у летњим месецима, док у току зиме има малу учесталост. Припада групи „умерених" типова. У приземљу расподела притиска је веома слична Типу_3, међутим висинска ситуација указује на севернију позицију изохипсе од 5,5 km која се протеже средишњим делом европског континента, што указује на услове

карактеристичне за прелазну сезону и померање умереноширинског ваздушног фронта у меридијалном правцу.

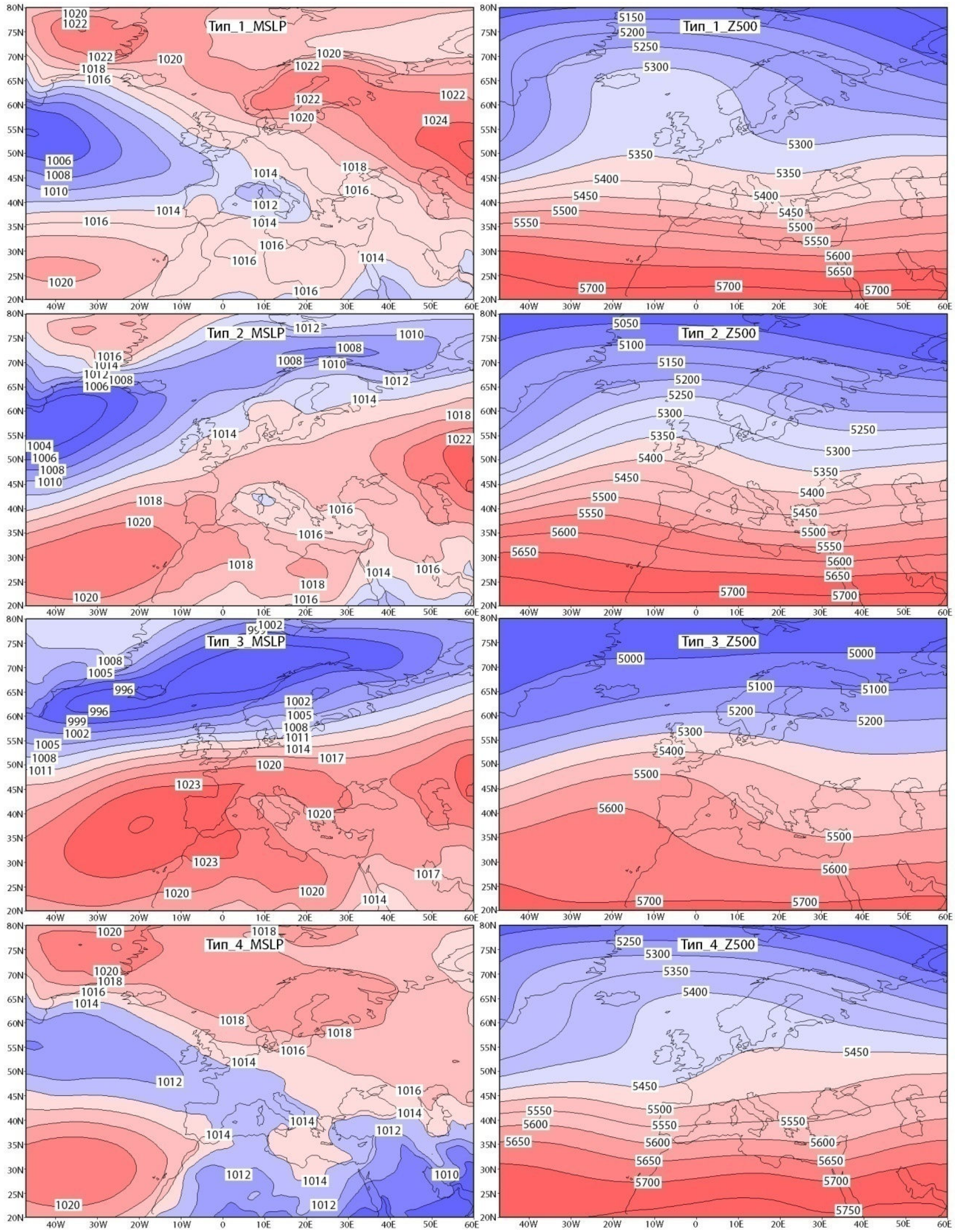
Тип_7 изостаје у зимским месецима, док је у току лета по учесталости одмах после Типа_8 са 41,7%. Такође, у јулу доминира по заступљености са Типом_8 (заједно обухватају око 90% времена у летњим месецима). Припада групи „топлих" типова. У приземљу га одликује поље повишеног притиска изнад већег дела домена (Азорски антициклон) са утицајем и на простор Србије, док је на крајњем југоистоку домена уочљива област ниског притиска која је део сезонског акционог центра тј. Арабијске или Карачи депресије. Ова два поља високог и ниског притиска, која су главна одлика циркулационих услова у току лета, утичу да је територија Србије изложена ваздушним масама које претежно долазе са северозапада (Дуцић и Радовановић, 2005). Антициклонални услови су у вези са стабилним временом и интезивним загревањем. Висинска ситуација указује на зоналну циркулацију изнад већег дела домена. Изохипса од 5,5 km је повијена ка северу у склопу висинског гребена у северном делу домена са најјужнојом позицијом на око 53°N, док је најсевернија позиција на око 67°N, што указује да се ради о типу циркулације карактеристичном за топлију половину године. У погледу просторне расподеле просечних дневних температура одликују га веома мале вредности коефицијента варијације; у лето када је овај тип најзаступљенији коефицијент варијације има вредност од 0,11. Просечне летње дневне температуре су најниже за станице на највећим надморским висинама (Копаник 10,8°C, Сјеница 14,9°C и Златибор 15,8°C), а највише су за станице у централним (Београд 21,2°C), северним (по 20,4°C у Кикинди и Новом Саду) и источним (Неготин 21,3°C) деловима Србије.

Тип_8 је најучесталији у току лета са 46,2%, док у јулу чини половину времена. Изостаје у пролеће и зиму, тј. учесталост му је мања од 1%. Одликује се међу највишим просечним дневним температурама, заједно са Типом_7 и Типом_9. Просечна дневна температура у јулу је 20,2°C (иста вредности као и за Тип_7). Као и у случају Типа_7 у приземљу га одликује гребен Азорског антициклона који доминира над већим делом Европе. Исландски циклон показује слабију

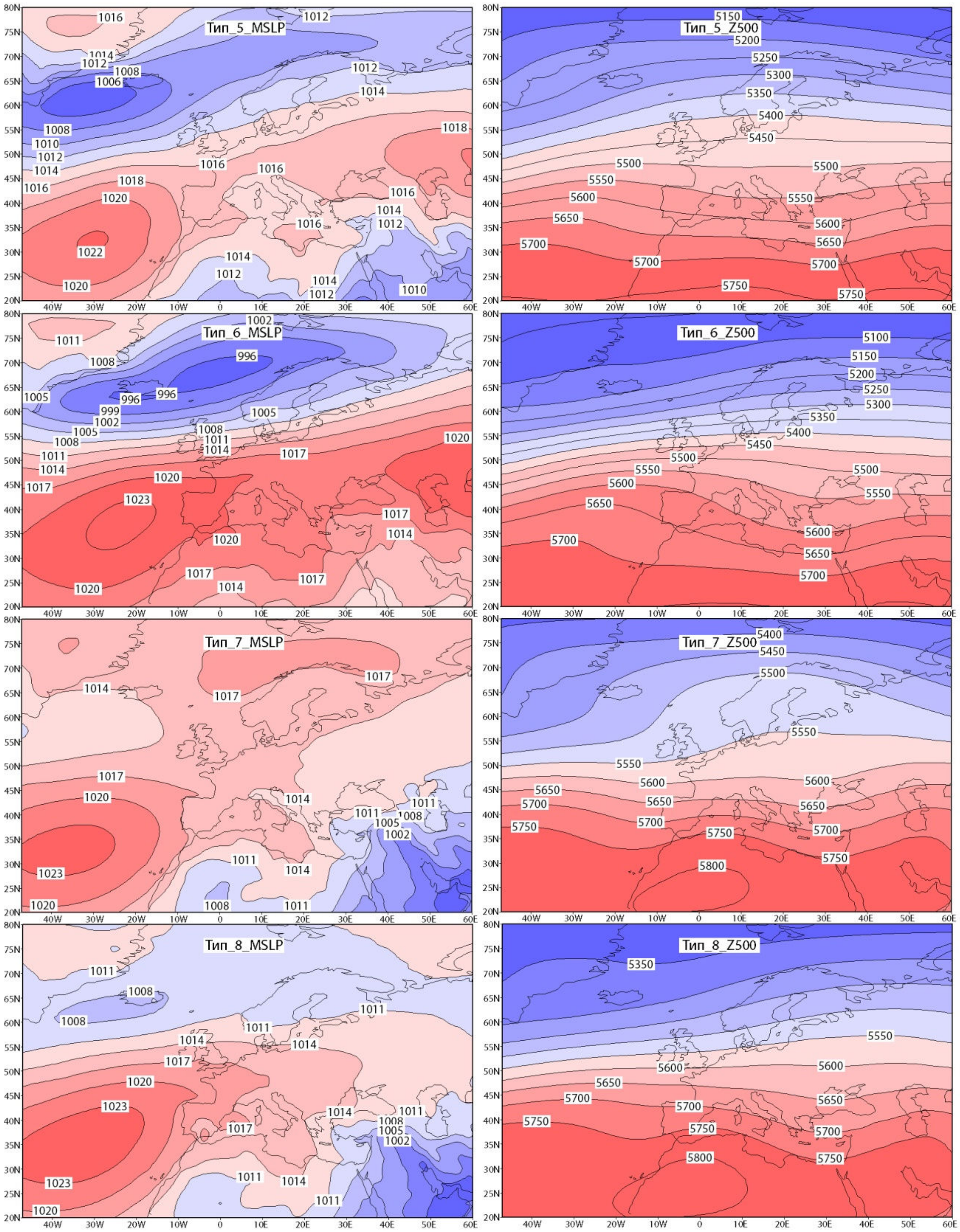
развијеност, а на југозападу се види утицај Арабијске депресије. Висинска циркулација је претежо зоналне оријентације, са северозападном компонентом изнад Србије. Изохипса од 5,5 km је позиционирана између 50°-55°N.

Тип_9 има најмању учесталост међу типовима на годишњем нивоу. У пролеће му је учесталост мања од 1%, а у зимским месецима изостаје. Приближно је једнако учестао у лето и јесен. У лето га одликују највиша просечна дневна температура у Србији од 20,1°C (преглед по станицама показује да је највиша просечна дневна температура од 22,1°C добијена за Београд и Неготин). Гребен Азорског антициклона се пружа далеко на исток континента, док на северу обухвата простор Западне и Средње Европе. Према расподели притиска у приземљу доста је сличан Типу_3 и Типу_6, док висинска ситуација говори да се ради о типу који је карактеристичан у најтоплијем делу године. Изохипса од 5,5 km је у највећем делу позиционирана на око 60°N.

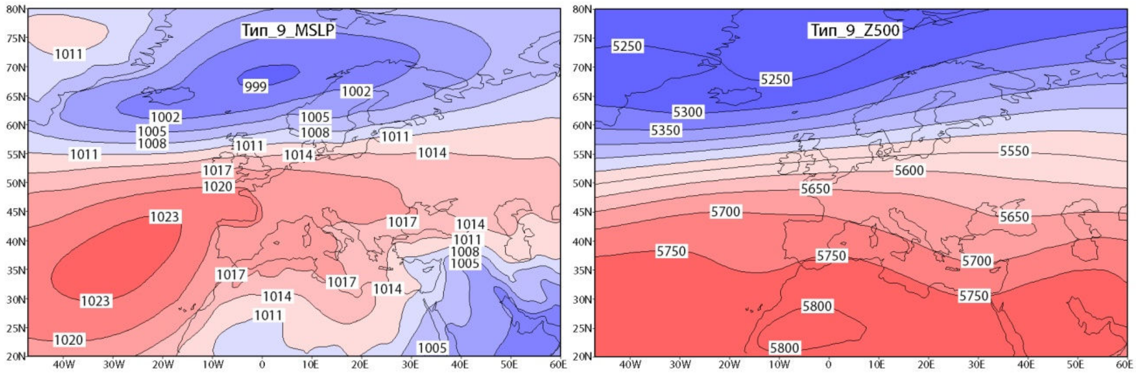
Из приказане расподеле ваздушног притиска и температурних услова у Србији је евидентно да се са каталогом од девет типова постиже сагледавање одлика атмосферске циркулације које су одређене деловањем акционих центара на простору Северног Атлантика и Европе. Сигурно је да појединачне ситуације у одређеном степену одступају од приказане расподеле, међутим поменути акциони центри својим положајем и развијеношћу, као и утицајем који је сезонског карактера, су водећи фактори временских и климатских одлика на простору Европе, а самим тим и у Србији.



Слика 40. Каталог KRZ9, Типови_1-4, MSLP (mb) и Z500 (m). Извор: *Cost733cat v2.0*



Слика 41. Каталог KRZ9, Типови_5-8, MSLP (mb) и Z500 (m). Извор: *Cost733cat v2.0*



Слика 42. Каталог KRZ9, Тип_9, MSLP (mb) и Z500 (m). Извор: *Cost733cat v2.0*

Одлике типова, каталог CAP18

Резултати за показатеље одлика циркулационих типова у анализи дневних температура ваздуха за каталог CAP18 (домен ЈИ Европа) су приказани у табели 8. У односу на класификацију са 9 типова, каталог са 18 типова омогућава и већу детаљност у дефинисању односа циркулација атмосфере-температуре ваздуха. Овде се може издвојити неколико термичких група типова према просечним дневним температурама ваздуха у Србији: „топли” (Тип_1 и Тип_2), „умерено топли” (Тип_3, Тип_4, Тип_5, Тип_6, Тип_8 и Тип_11), „умерено хладни” (Тип_7, Тип_9, Тип_12, Тип_13 и Тип_15) и „хладни” типови (Тип_10, Тип_14, Тип_16, Тип_17 и Тип_18). Без обзира на мањи просторни домен, генерално са смањењем просечних дневних температура ваздуха се повећава и њихова варијабилност на простору Србије. Поред већ поменутог објашњења (у случају KRZ9 каталога), уз могућност да се са већим бројем типова изврши прецизнија стратификација циркулационих услова, вреди истаћи и значај орографских и локалних фактора који утичу на показане разлике у температурама ваздуха при истим синоптичким условима. Приказ типова дат је на сликама 43-47.

Тип_1 је најучесталији међу типовима на годишњем нивоу са 9,0%. Најучесталији је тип у лето са 30,1%, односно у јулу са 35,2%. У пролеће има учесталост мању од 1%, док изостаје у зимским месецима. Тип је са највишом просечном дневном температуром ваздуха у Србији на годишњем нивоу од 21,1°C и у току лета од

21,6°C, односно у јулу 21,5°C и према томе припада групи „топлих” типова. Највише вредности просечних дневних температура су добијене за станице у северним, централним и источним деловима Србије. Станице са највишим просечним дневним темпертурама у лето су Београд са 23,9°C, Неготин са 23,4°C и Кикинда, Нови Сад, Палић и Зрењанин са по 23,1°C. Осим Копаоника (13,3°C), Сјенице (16,5°C) и Златибора (18,5°C), све остале станице имају вредности просечних дневних температура у лето више од 20,0°C. Према наведеним вредностима се може закључити да каталог CAP18 добро стратификује температурне догађаје, при чему су Типом_1 обухваћени они догађаји са највишим дневним температурама ваздуха у Србији. У приземљу га одликује поље повишеног притиска у већем делу домена осим на југоистоку, где се види утицај поља ниског притиска које је део сезонског акционог центра – Арабијске депресије, што говори да се ради о типу цикрулације који је карактеристичан за лето. У висинској ситуацији изнад Србије је изражено северозападно струјање као последица зоналне циркулације у виду таласа са гребеном изнад Средње Европе и долином у источном делу домена. У оба случаја оса гребена и долине има правац југозапад-североисток. Изохипса од 5,5 km је позицирана изнад Северне Европе и не улази у приказом обухваћену расподелу притиска, што такође говори да се ради о условима карактеристичним за лето.

Тип_2 прати Тип_1 и по учесталости и по просечним дневним температурама. Гребен Азорског антициклона није изражен као код Типа_1, премда поље високог притиска доминира у већем делу домена. У погледу висинске ситуације изнад Србије доминира западно и југозападно струјње. Изохипса од 5,5 km је позиционирана на око 55°N. Тип_1 и Тип_2 су одраз макро-синоптичке ситуације представљене Типом_7, Типом_8 и Типом_9 из KRZ9 каталога. Билић (1978) истиче да је активност Азорског антициклона током лета неупоредиво већа у односу на зиму и пролеће и да гребен овог поља захвата простор Средње Европе и Балкана. Такође, наводи се и велика стационарност овог система високог притиска што условљава дуготрајно лепо време. Овакве ситуације у току лета су повољне за дневне максимуме преко нормале, када је у условима стабилног антициклонског времена интезивно загревање, односно када се врши адвекција

топлоте у југозападној струји, иако је циклонска активност у приземљу слаба (Radinović, 1981). Дрљача и др. (2009) наводе да се у ситуацијама када се образује поље високог притиска изнад средишњих и јужних делова Европе ваздух загрева и исушује услед силазног кретања, односно ваздух је „заробљен" уз загрејану подлогу. То резултира температурама изнад нормалне у току лета на простору Србије. Поменути аутори наводе и да са формирањем циклона у пределу Велике Британије долази до увлачења топлог и сувог ваздуха из Северне Африке, што такође доводи до високих дневних вредности температура ваздуха. До истих закључака долазе и Unkašević and Tošić (2009) анализирајући топле таласе на постору Србије. Користећи Хес-Брезовски каталог циркулационих типова, Domonkos et al. (2003) су утврдили да су јужни типови и постојани антициклонски услови повољни за образовање екстремно топлих догађаја у Средњој и Јужној Европи. У опису ситуације у јулу 2007. године када су измерене апсолутно максималне температуре ваздуха на већини станица у инструменталном периоду осматрања времена у Србији, позивајући се на извештај РХМЗ-а, Анђелковић (2007) наводи да је средином јула почео продор топлог ваздуха са подручја Африке. У даљем опису догађаја се наводи да је јачањем термобаричког гребена у југозападној висинској струји дошло до адвекције топлог ваздуха, док је постојаност оваквих услова довела до све већег загревања атмосфере, што је резултирало измереним максимумима на дан 24. јул (тада је измерена апсолутно максимална температура ваздуха за Србију од 44,9°C у Смедеревској Паланци). Такође, продирање топлих ваздушних маса са југа, а чије је географско порекло Северна Африка, у прелазним сезонама може утицати на појаву температура ваздуха знатно изнад просека. Описујући догађаје из новембра 1965. и 1990. године, Дуцић и Радовановић (2005) наводе да при оваквим ситуацијама новембарске температуре ваздуха у Србији могу достићи и до 29,0°C. Просечна дневна температура ваздуха за време Типа_2 у јесен је 19,1°C, а у пролеће 21,2°C.

Табела 8. Учесталост типова (U, у %), просечна дневна температура ваздуха (Tsr, у °C) и стандардна девијација просечних дневних температура ваздуха (S, у °C) на станицама у Србији за сваки тип циркулације атмосфере, CAP18, домен ЈИ Европа. (-) тип изостаје; (--) учесталост типа је <1%

		Тип_1	Тип_2	Тип_3	Тип_4	Тип_5	Тип_6	Тип_7	Тип_8	Тип_9	Тип_10	Тип_11	Тип_12	Тип_13	Тип_14	Тип_15	Тип_16	Тип_17	Тип_18
Година	U	9,0	8,5	8,4	7,2	6,8	6,5	5,9	5,8	5,7	4,8	4,6	4,5	4,3	4,2	4,2	4,0	3,7	1,8
	Trs	21,1	20,7	16,7	14,3	17,0	14,0	5,1	12,1	5,4	1,2	11,0	3,2	5,5	-1,1	4,8	-1,4	-1,6	-0,2
	S	2,1	1,9	2,2	1,7	1,9	1,8	1,7	1,9	1,9	1,5	1,9	1,4	1,4	1,5	1,7	2,1	2,0	1,9
Пролеће	U	--	1,2	2,6	12,5	5,9	2,8	10,4	12,6	10,1	6,4	10,0	2,3	4,9	2,5	6,5	3,9	4,6	1,0
	Trs	--	21,2	17,0	14,7	18,2	17,4	7,8	13,6	8,5	4,8	12,6	8,0	9,6	3,9	7,3	1,7	1,0	2,9
	S	--	1,9	2,0	2,2	2,0	2,2	2,1	2,1	2,2	2,0	2,1	2,0	1,9	2,0	2,1	2,4	2,3	2,3
Лето	U	30,1	27,1	24,2	2,0	10,7	3,9	-	2,0	--	-	--	-	-	-	-	-	-	-
	Trs	21,6	21,0	19,5	14,8	17,8	17,9	-	14,0	--	-	--	-	-	-	-	-	-	-
	S	2,2	1,9	2,1	2,5	2,1	2,4	-	2,4	--	-	--	-	-	-	-	-	-	-
Јесен	U	5,6	5,5	7,2	13,3	10,4	19,3	3,0	7,2	4,6	1,3	5,9	6,1	6,0	1,4	1,8	--	--	--
	Trs	18,5	19,1	14,7	9,2	15,5	12,7	3,3	10,0	3,7	1,1	10,0	4,1	5,3	0,3	4,8	--	--	--
	S	1,8	1,9	0,2	0,2	0,3	0,2	0,4	1,7	1,9	1,5	1,7	1,4	1,3	1,8	1,9	--	--	--
Зима	U	-	-	-	1,1	--	--	10,1	1,3	7,8	11,8	2,2	9,8	6,5	13,1	8,7	11,5	10,0	6,0
	Trs	-	-	-	5,4	--	--	2,7	7,2	2,3	-0,8	5,9	1,6	2,6	-2,2	2,9	-2,6	-2,9	-0,8
	S	-	-	-	1,8	--	--	1,4	2,0	1,6	1,3	2,1	1,4	1,4	1,4	1,5	2,0	1,8	1,8
Јануар	U	-	-	-	--	-	-	10,2	--	7,6	12,3	1,4	8,8	6,7	16,5	6,9	11,7	10,9	5,3
	Trs	-	-	-	--	-	-	2,4	--	1,6	-1,9	5,6	0,6	2,0	-3,2	1,3	-3,3	-3,9	-2,9
	S	-	-	-	--	-	-	1,4	--	1,6	1,2	2,1	1,5	1,4	1,3	1,5	1,8	1,7	1,7
Јул	U	35,2	33,1	25,8	--	4,8	--	-	--	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Trs	21,5	21,3	17,5	--	18,1	--	-	--	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	S	2,2	1,9	2,3	--	2,2	--	-	---	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Тип_3 је трећи по учесталости у лето са 24,2%, односно у јулу са 25,8%, одмах после Типа_1 и Типа_2, али је у односу на њих заступљенији у прелазним сезонама, али и даље са малом учесталошћу. Изостаје у зимским месецима. Припада групи „умерено топлих” типова. Од Типа_1 и Типа_2 у приземљу га разликује већи утицај Арабијске депресије на југоистоку домена. Простор Србије је под утицајем ваздушних продора са севера што доприноси релативно нижим температурама ваздуха у односу на Тип_1 и Тип_2 (просечна дневна температура у лето на простору Србије је мања од 20,0°C). Висинска ситуација указује на постојање гребена и долине у зоналном таласу са осама правца север-југ на око 0° и 27°E стварајући услове за изражено северозападно струјање изнад Србије. Такође, изохипса од 5,5 km је позиционирана на крајњем северу у приказом обухваћеној расподели притиска.

Тип_4 је међу најучесталијим у пролеће са 12,5% и у јесен са 13,3%. У лето и зиму га одликује веома мала учесталост, док му је учесталост у јулу и јануару испод 1%. Припада групи „умерено топлих” типова, просечна дневна температура ваздуха за време овог типа у пролеће је 14,7°C, а у јесен 13,3°C. У приземној расподели ваздушног притиска доминира поље високог притиска са центром на простору Панонске низије, укључујући северни део Србије. Утицај овог антициклона се осећа у већем делу домена. Системи високог притиска могу бити динамичког или термичког порекла, при чему су динамички антициклони топле, а термички хладне су атмосферске творевине. Време у антициклонима има сезонски карактер па се према томе антициклонско стање времена може посматрати (Radinović, 1981), док у условима стабилне атмосфере, нарочито у прелазним сезонама, могу бити праћени и израженим дневним ходом температуре. У пролеће када је овај тип најзаступљенији, осим Копаоника (5,8°C) на осталим станицама вредности се крећу од 10,1°C у Сјеници до 17,1°C у Београду. Висинска ситуација указује на северозападно струјање изнад Србије. Изохипса од 5,5 km је у најсевернијој позицији на око 54°N.

Тип_5 има учесталост мању од 1% у зиму и изостаје у јануару. У јесен је један од учесталијих типова (10,4%), док у лету учествује са 10,7%. Припада групи „умерено топлих” типова. У приземљу га одликује поље ниског притиска у средишњем делу европског континента, а чија долина се пружа ка југу и у Ђеновској циклогенетској области образује секундарни минимум. У оваквим ситуацијама простор Србије је изложен ваздушним струјањима са југозапада којима се врши адвекција топлијег, али и

влажног ваздуха. У висинској ситуацији доминира долина са осом правца север-југ на око 5°E. Изнад Србије је доминантно југозападно струјање. За време оваквих ситуација дневне температуре ваздуха се повећавају од запада ка истоку Србије, што је у вези са циклонским одликама времена у склопу ваздушних продора са запада и југозапада.

Тип_6 је најучесталији међу типовима у јесен са 19,9%. У пролеће и лето га одликује учесталост од неколико процената, у зиму мање од 1%. У погледу приземне расподеле притиска веома је сличан Типу_4, док је у случају висинске ситуације, у склопу таласа зоналне струје са израженијим гребеном у западним и централним деловима домена и долином на крајњем истоку домена, простор Србије под утицајем северозападних и северних ваздушних продора. Припада групи „умерено топлих" типова. У својој најсевернијој позицији изохипса од 5,5 km се налази изнад јужних делова Скандинавског полуострва. Поље високог притиска у приземљу и код Типа_4 и код Типа_6 указује на блокирајуће ситуације. Овакве ситуације су карактеристичне за умерене географске ширине, а утицај на време је сезонског карактера. За време овог типа просечне температуре ваздуха се смањују од севера ка југу и са повећањем надморске висине.

Тип_7 изостаје у летњим месецима, док је један од учесталијих типова у зиму и пролеће. Припада групи „умерено хладних" типова, просечна дневна температура на годишњем нивоу износи 5,1°C. Највећи део домена је под утицајем поља ниског притиска са осом долине према југу. Такође, увиђа се и активност Ђеновске циклогенетске области. Простор Србије је изложен продорима са запада и северозапада којима се транспортују маритимне ваздушне масе са Атланског океана. У ситуацијама када овај ваздух доспе у Средоземље бива транспортован ка истоку у склопу циклонске циркулације. У току зиме, једино за Копаоник је добијена негативна просечна дневна температура (-2,8°C), док су за остале станице добијене позитивне вредности (од 0,5°C у Сјеници до 4,6°C у Београду). У погледу висинске ситуације доминира северозападно и западно струјање, док се изохипса од 5,5 km спушта ка југу до око 37°N.

Тип_8 је заступљен у свим сезонама, а најучесталији је међу типовима у пролеће (12,6%). У лето и зиму има учесталост од неколико процената. Припада групи „умерено топлих" типова са просечном дневном температуром ваздуха у пролеће од 13,6°C. По расподели притиска у приземљу сличан је Типу_7, док у висинској

ситуацији доминира зоналан ток, а изохипса од 5,5 km се простире на око 45°N, што је главни фактор термичких разлика ова два типа.

Тип_9 је један од учесталијих типова у пролеће. У току лета му је учесталост мања од 1%. Припада групи „умерено хладних" типова. У приземљу га одликује гребен Азорског антициклона који се из правца запада шири на већи део домена и на простору Србије ствара могућност за ваздушне продоре са северозапада и севера. Висинску ситуацију одликује талас са осом гребена на 0° меридијалног правца и долина са осом истог правца на око 30°E, што изнад Србије условљава продоре из северног квадранта. У својој најјужнијој позицији изохипса од 5,5 km достиже 36°N, а у најсевернијој 49°N. Као што је већ напоменуто, термичке одлике при северозападним продорима су сезонског карактера и у зависности од особина ваздушних маса које се транспортују. Тип_9 се одликује и релативно вишим вредностима коефицијента варијације дневних температура ваздуха у Србији у односу на остале типове; 0,51 у јесен и 0,69 и зиму. Просечне дневне температуре за време овог типа су највише на северозападу, западу и у централним деловима Србије.

Тип_10 је други по учесталости у зиму са 11,8%, док у лето изостаје. Учесталији је у пролеће него јесен. Припада групи „хладних" типова. Одликује га гребен антициклона из правца истока под чијим је утицајем и Србија у склопу југоисточних и источних ваздушних продора. У средишњем делу Средоземља развијено је поље сниженог притиска чији се утицај преноси у склопу јужне струје на западни приобални појас Балканског полуострва. Простор Динарских планина се одликује најгушћим градијентом притиска. Висинска ситуација указује на долину са осом на око 13°E што омогућава продор хладног ваздуха са севера у већем делу домена. Изохипса од 5,5 km достиже 33°N што говори да се ради о типу циркулације атмосфере карактеристичим за зиму. У погледу просторне расподеле температура ваздуха за време овог типа, у зиму, када је најзаступљенији, већина станица се одликује негативним вредностима просечних дневних температура (од -5,4°C на Копаонику до -0,1°C у Смедеревској Паланци и Краљеву), док се позитивним вредностима одликују станице на југоистоку Србије (Пирот 0,5°C, Ниш и Врање са по 0,7°C), поједине станице у централним деловима Србије (Београд 0,3°C и Крагујевац 0,1°C) и на североистоку Србије (Велико Градиште 0,3°C и Вршац 0,7°C). Циркулациони услови уз ефекат орографије чине да је за време овог типа највећа просторна варијабилност дневних температура ваздуха

(коефицијент варијације у зиму износи 1,68). Према Дуцићу и Радовановићу (2005) у хладнијој половини године кретање ваздушних маса из источног квадранта ка Медитерану ометају Динариди, што узрокује њихово задржавање праћено језерима хладног ваздуха, температурним инверзијама и другим појавама условљеним орографијом, односно све то резултира у регионалној диференцијацији климата и по хоризонтали и по вертикали.

Тип_11 има учесталост мању од 1% у току лета, а највећа учесталост му је у пролеће (10,0%), потом у јесен (5,9%), а најмање у зиму (2,2%). Припада групи „умерено топлих” типова. У приземљу доминира поље ниског притиска изнад Средње Европе и осом долине правца север-југ, уз максимум у области Ђеновске циклогенетске области. Утицај овог поља се преноси на већи део домена. На простору Србије се манифестује југозападним ваздушним продором. Висинска ситуација указује на јако изражену долину са осом на око 5°E под чијим утицајем је над Балканским полуострвом доминантно југозападно струјање. При оваквим ситуацијама врши се адвекција топлих и влажних ваздушних маса на простор Балканског полуострва. Ракићевић (1980) истиче да у току зиме активност Ђеновске циклогенетске области и долазак циклона у наше подручје изазива нагли раст температура, за више и од 10,0°C у току једног дана. Дрљача и др. (2009) наводе да се у току хладније половине године дневни максмуми знатно преко нормале у Србији јављају када се развија и одржава јака циклонска активност западно од Шпаније или у западном Средоземљу. Осим за станице на највишим надморским висинама, за које су добијене просечне дневне температуре ниже од 10°C, на осталим станицама вредности температура се крећу од 11,5°C на Руднику до 14,6°C у Вршцу.

Тип_12 изостаје у току лета, најучесталији је у зиму, а потом у јесен и најмање у пролеће. Припада групи „умерено хладних” типова. У приземљу доминира блокирајуће поље високог притиска са центром у Панонској низији, а чији се утицај преноси на цео домен. У висинској ситуацији доминира изражен гребен који за последицу има северне продоре ваздуха изнад Србије. Овај тип је сличан Типу_6 и Типу_4 по расподели притиска у приземљу, док висинска ситуација говори да се ради о циркулацији атмосфере у зимским месецима, односно ради се о антициклону термичког порекла који је настао продором хладног ваздуха са севера и истока европског континента.

Просечне дневне температуре ваздуха у зиму на станицама у Србији за време овог типа не прелазе 4,0°C.

Тип_13 је подједнако учестао у јесен и зиму, изостаје у летњим месецима, а у пролеће је заступљен са веома малом учесталошћу. У приземљу је већи део домена под утицајем гребена антициклона са истока. На простору Србије доминирају југоисточни ваздушни продори, док у висинској ситуацији продор из правца југозапада. Изохипса од 5,5 km у својој најсевернијој позицији достиже 46°N. Припада групи „умерено хладних" типова са просечним дневним температурама од 5,3°C у јесен и 2,6°C у зиму.

Тип_14 одликује мала учесталост по сезонама и изостанак у летњим месецима, међутим у јануару је најучесталији тип са 16,5%. Припада групи „хладних" типова са међу најнижим просечним дневним температурама: у зиму просечна дневна температура је -2,2°C, а у јануару -3,2°C. Одликује га поље високог притиска са центром у Панонској низији са преношењем утицаја на цео домен. У висинској ситуацији доминира продор ваздушних маса са севера и североистока у склопу израженог таласа у зоналној струји изнад Србије. Продори хладног ваздуха са севера и истока европског континента на простор Југоисточне Европе имају за последицу образовање антициклона у приземљу као што је то случај код овог типа, односно ради се о антициклону термичког порекла који доноси ниже вредности дневних температура ваздуха. У зиму, на свим станицама су негативне просечне дневне температуре ваздуха за време овог типа.

Тип_15 је најучесталији у зиму, потом у пролеће, а најмање и јесен, док у летњим месецима изостаје. Припада групи „умерено хладних" типова. У приземљу га одликује поље ниског притиска које показује активност Ђеновске циклогенетске области. На простору Србије доминира југозападно струјање, што је одлика и висинске ситуације. При оваквим догађајима су дневне температуре изнад просека у току зиме. Умереноширинска област ниског притиска је померена на југ, што говори да се ради о циркулацији атмосфере која је карактеристична за зиму.

Тип_16 је један од учесталијих типова у зимским месецима. Изостаје у лето, а у јесен му је учесталост мања од 1%. У пролеће га одликује мала учесталост. Припада групи типова са најнижим просечним дневним температурама. Одликује га поље високог

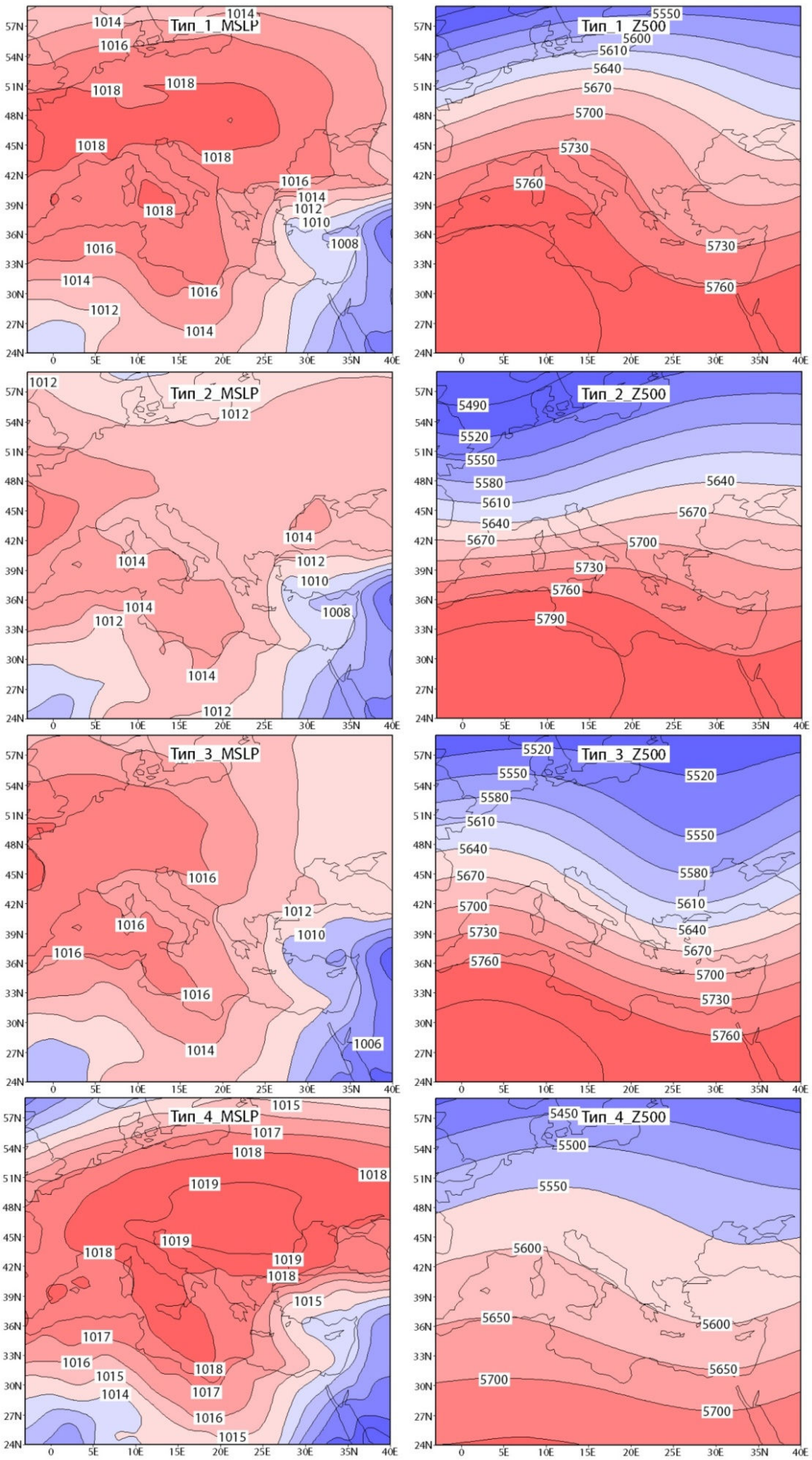
притиска изнад Средње Европе, са осом гребена према југоистоку пратећи Динарске планине, што омогућава продоре хладног ваздуха са североистока европског континета. У источном Средоземљу је развијено поље ниског притиска. И у висинској ситуацији изнад Србије доминирају продори ваздушних маса са севера и североистока. Према Радовановићу (2001) простор Србије је 4-5 пута годишње под утицајем веома хладних континенталних артичких ваздушних маса са североистока и то у хладнијој половини године. Управо је то био случај крајем јануара 1963. године када су на већини станица у Србији измерене апсолутно минималне температуре ваздуха са вредностима и до -30,0°C и то у северном равничарском делу Србије. Поменути аутор наводи да Динариди спречавају даљи продор овог ваздуха ка Медитерану, па његово задржавање у конкавним облицима рељефа доводи до појаве језера хладног ваздуха и инверзија на већим висинама. Такође, екстремно минималне температуре ваздуха на нижим теренима могу бити ниже у односу на више терене. У зиму за време овог типа просечне дневне температуре ваздуха су међу најнижим у Србији: на Копаонику просечне дневне температуре износе -10,3°C. Највише просечне дневне температуре су добијене за станице на западу и северозападу Србије (Ваљево -1,2°C, Лозница -0,7°C, Сремска Митровица -1,3°C, Сомбор -1,5°C и Палић -1,7°C).

Тип_17 прати годишњу расподелу учесталости као код Типа_16. За овај тип су карактеристичне најниже просечне дневне температуре од -2,9°C у зиму и -3,9°C у јануару. За разлику од Типа_16 поље ниског притиска у источном Медитерану је развијеније и са севернијом позицијом, док је поље високог притиска померено ка западу Европе. Простор Србије је под утицајем продора ваздушних маса са истока и североистока. Висинска ситуација указује на долину са осом меридијалног правца изнад централног дела Балканског полуострва. Овом долином се врши продор ваздушних маса са севера и североистока европског континента. У зиму за време овог типа на већини станица просечне дневне температуре имају вредности ниже од -2,0°C, односно у јануару ниже од -3,0°C. Заједно са осталим типовима који припадају групи „хладних” и за време којих су добијене најниже просечне дневне температуре ваздуха, коефицијент варијације који говори о просторној варијабилности температура у Србији, показује највише вредности.

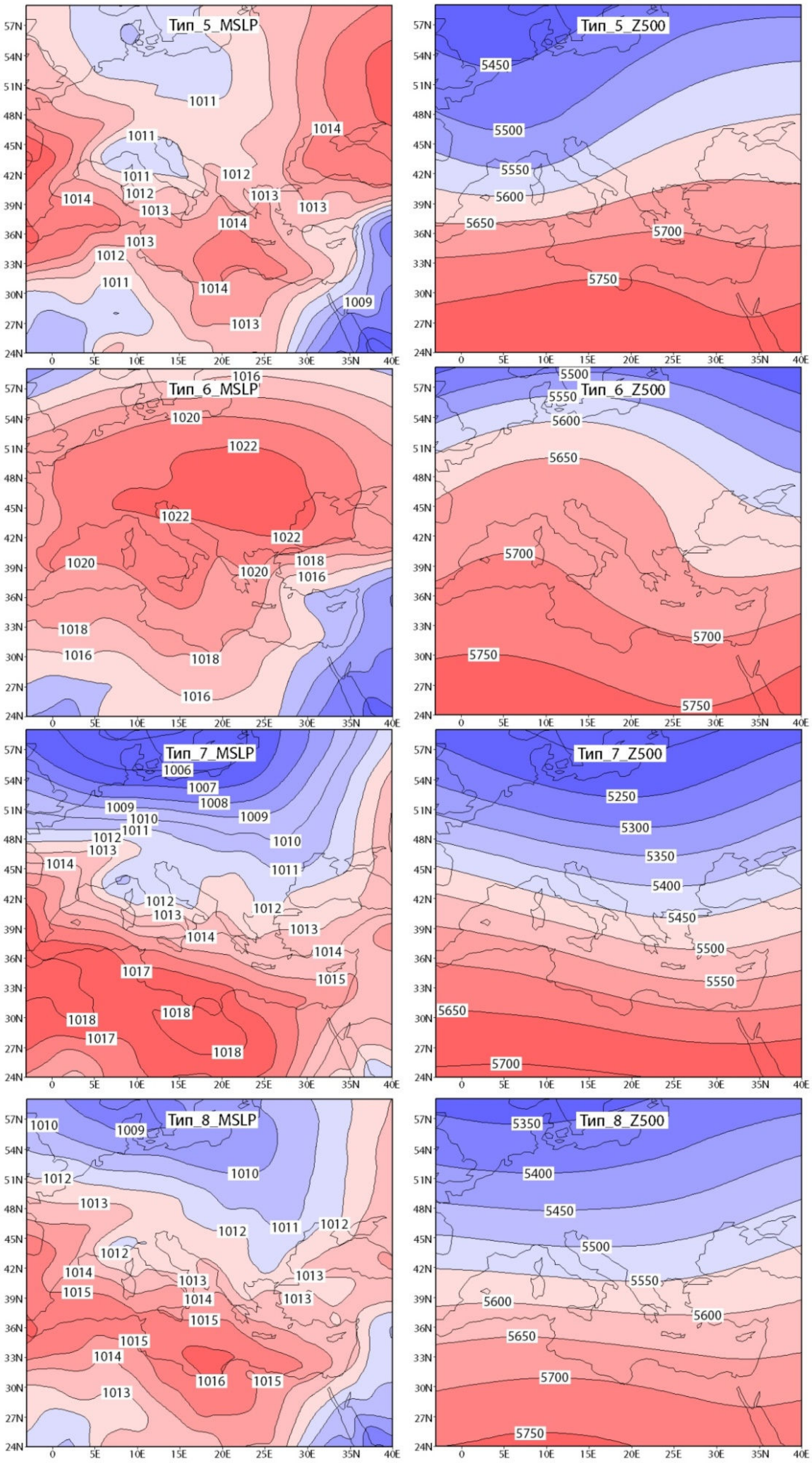
Тип_18 је тип са најмањом учесталошћу на годишњем нивоу од 1,8%. Највише се појављује у зиму (6%), односно у јануару (5,3%), док у лето и јесен изостаје. Припада

групи „хладних” типова, просечна дневна температура у зиму је -0,8°C, а у јануару -2,9°C. У приземљу га одликују циклонски услови који обухватају простор целог домена. Дужа оса долине има меридијални правац. Према Radinoviću (1981) овакви системи се називају „капља хладног ваздуха” у чијем склопу су јако хладне ваздушне масе, при чему се цео систем одликује дугом постојаношћу. У висинској ситуацији доминира долина меридијалног правца која ослобађа продоре са севера. Изохипса од 5,5 km је у својој најјужнијој позицији у току године. Највише температуре се јављају на југоистоку Србије – у зиму највише просечне дневне температуре у Србији су добијене за Ниш (0,9°C), Пирот (0,9°C) и Врање (0,9°C).

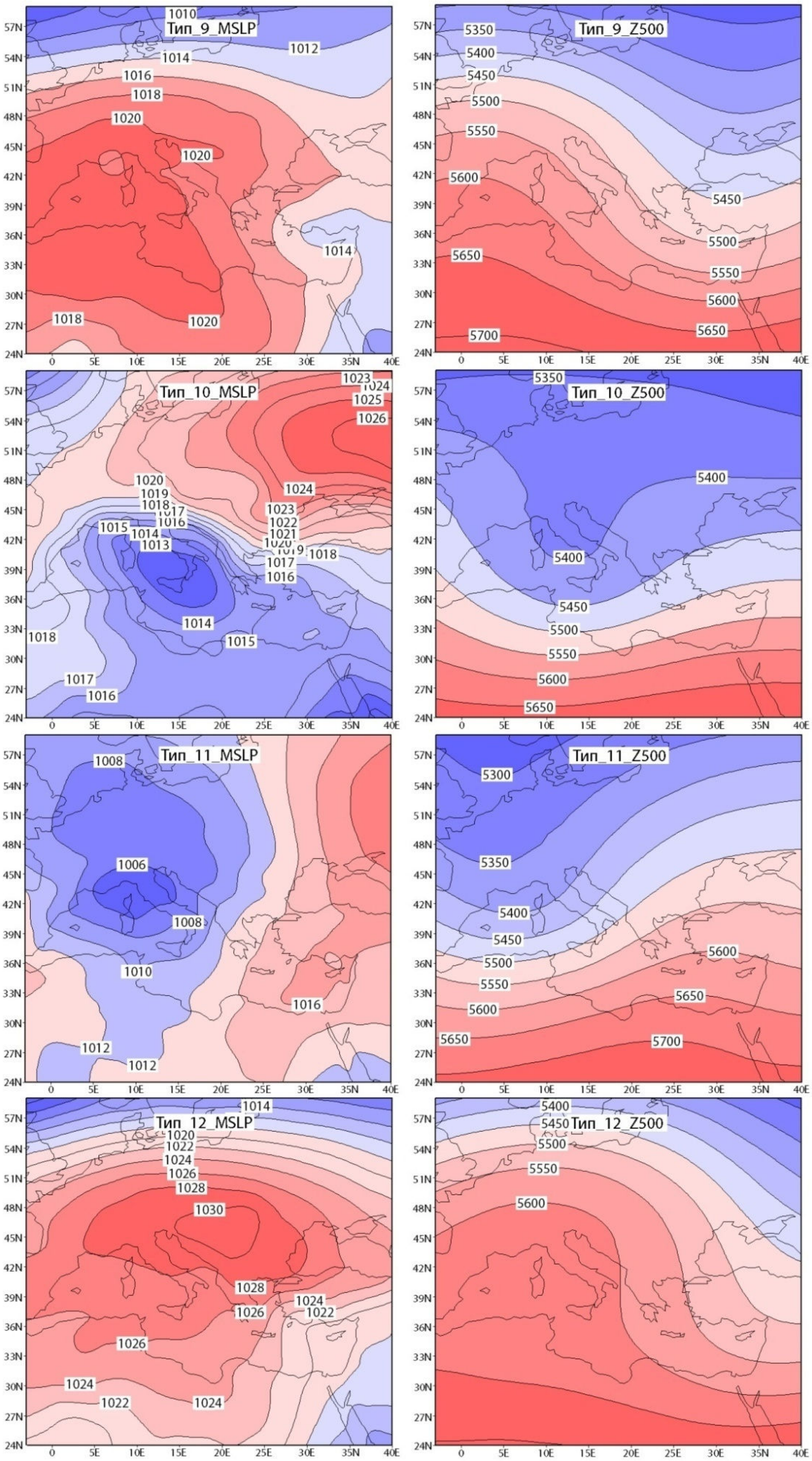
Иако се ради о мањем просторном домену, каталог са 18 типова омогућава већу детаљност у сагледавању одлика цикрулације атмосфере, нарочито у погледу разноврсности ситуација које се дешавају, а под чијим утицајем се налази простор Србије, што доприноси бољем разумевању односа циркулација атмосфере-температуре ваздуха.



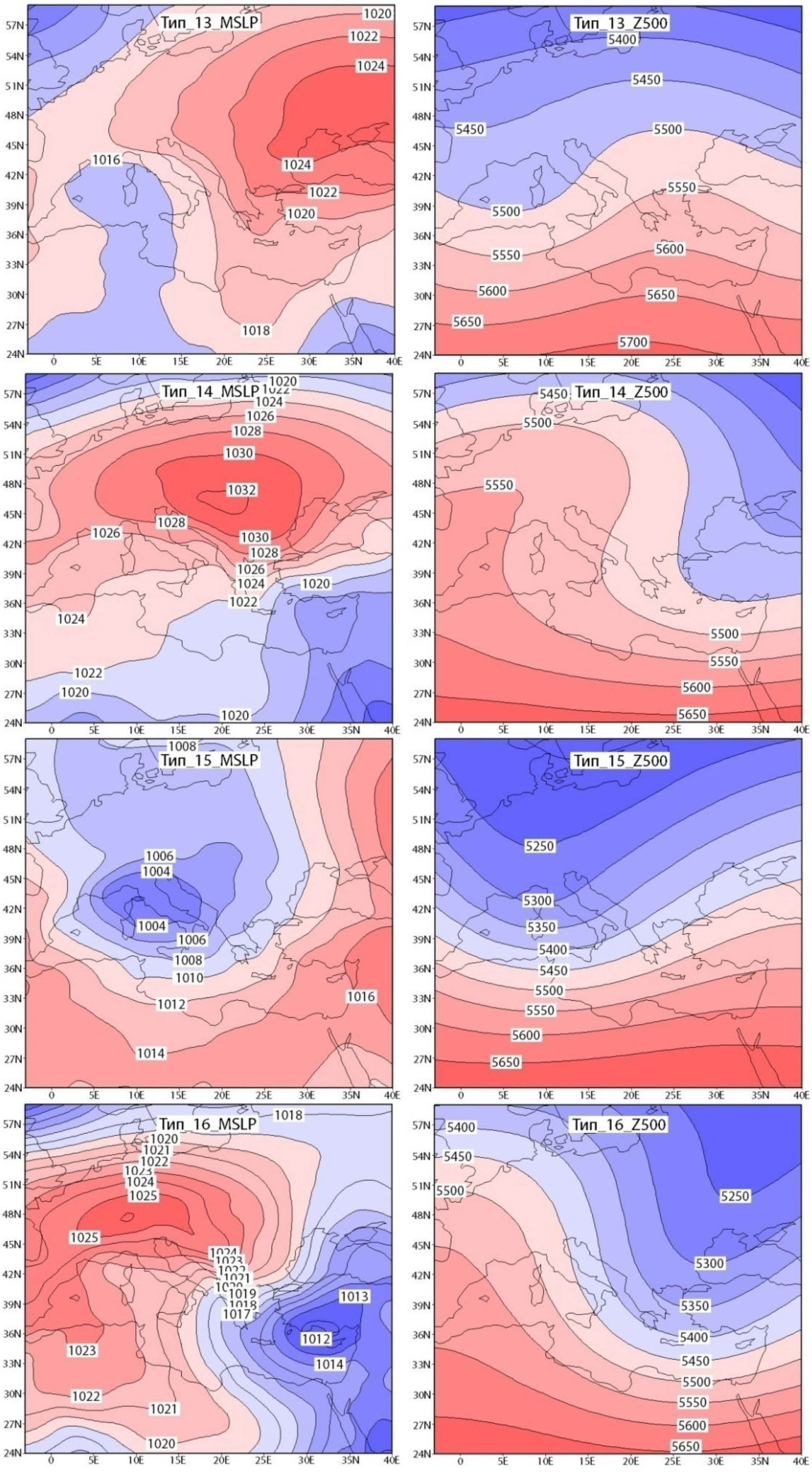
Слика 43. Каталог CAP18, Типови_1-4, MSLP (mb) и Z500 (m). Извор: *Cost733cat v2.0*



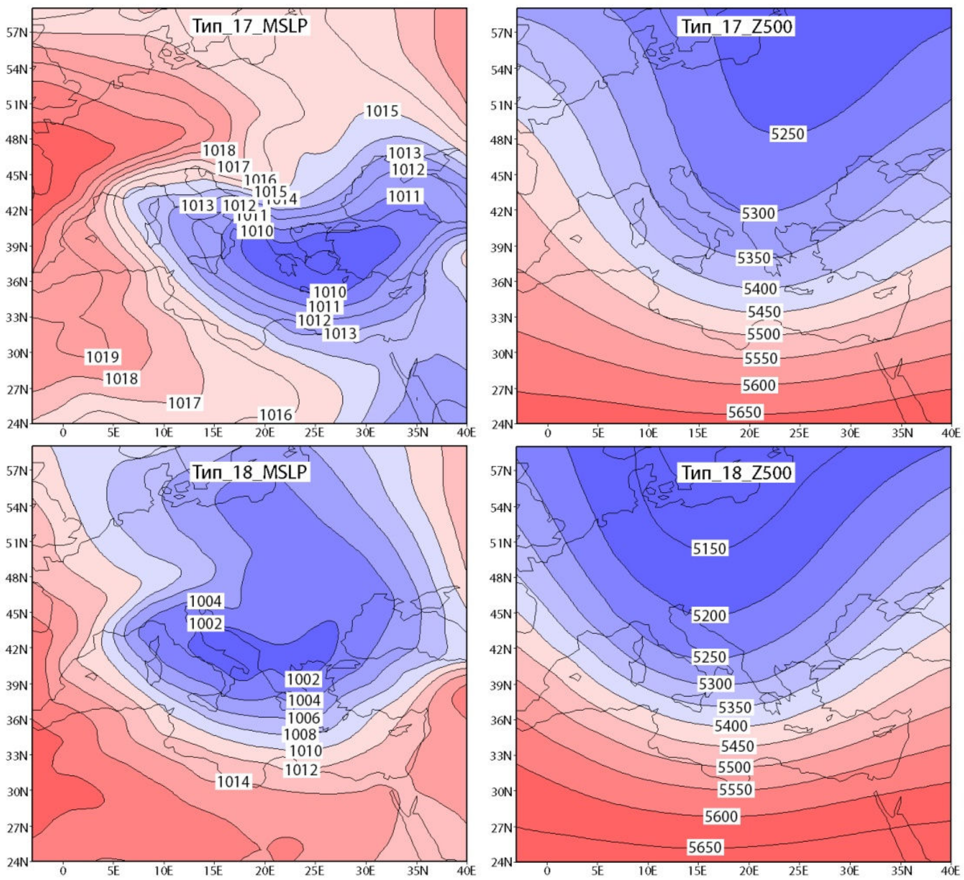
Слика 44. Каталог CAP18, Типови_5-8, MSLP (mb) и Z500 (m). Извор: *Cost733cat v2.0*



Слика 45. Каталог CAP18, Типови_9-12, MSLP (mb) и Z500 (m). Извор: *Cost733cat v2.0*



Слика 46. Каталог CAP18, Типови_13-16, MSLP (mb) и Z500 (m). Извор: *Cost733cat v2.0*



Слика 47. Каталог CAP18, Типови_17-18, MSLP (mb) и Z500 (m). Извор: *Cost733cat v2.0*

Одлике типова, каталог CAP27

Резултати за показатеље одлика циркулационих типова у анализи дневних температура ваздуха за каталог CAP27 (домен ЈИ Европа) су приказани у табели 9. Приказ типова дат је сликама 48-50. У односу на класификације са 9 и 18 типова, увиђа се могућност за још већом детаљношћу у дефинисању односа циркулација атмосфере-време и клима, па се у односу на претходне каталоге може издвојити више термичких група типова према просечним дневним температурама ваздуха у Србији: „веома топли” (Тип_2 и Тип_3), „топли” (Тип_1, Тип_4 и Тип_5), „умерено топли” (Тип_6, Тип_7, Тип_8, Тип_10, Тип_11, Тип_13 и Тип_14), „умерено хладни” (Тип_9, Тип_17, Тип_18, Тип_19, Тип_20 и Тип_21), „хладни” типови (Тип_12, Тип_24 и Тип_ 25) и „веома хладни” типови (Тип_15, Тип_16, Тип_22, Тип_26 и Тип_27). Према вредностима стандардне девијације, односно коефицијената варијације, уочава се највећа варијабилност дневних температура за време „хладних” и „веома хладних” циркулационих типова, као што је то био случај и код претходних каталога.

Тип_1 је најучесталији међу типовима у лето са 24,8%, односно у јуну са 32,3%. Изостаје у пролеће и у зимским месецима. Припада групи „топлих" типова са просечним дневним температурама ваздуха од 18,5°C на годишњем нивоу, односно 18,9°C у лето. У приземљу га одликују антициклонски услови тј. већи део домена је под утицајем гребена Азорског антициклона и обухваћен је изобаром од 1016 mb. У висинској ситуацији над читавим доменом доминира изражен талас у зоналној струји који условљава изнад простора Србије северозападно струјање. Изохипса од 5,5 km је позиционирана северније од приказом обухваћене расподеле притиска, што говори да је реч о циркулационим условима у најтоплијем делу године.

Тип_2 је један од најучесталијих типова у лето са 22,9%, односно јуну са 25,3%. Изостаје у пролеће и у зимским месецима, док га у јесен одликује учесталост од 4,2%. У приземљу га одликују антициклонски услови, као последица активности Азорског антициклона. Северни део Србије је обухваћен изобаром од 1018 mb. У висинској ситуацији доминира гребен високог притиска који продире ка северу стварајући услове за продор топлог вадуха са севера Африке и под чијим је утицајем већи део домена. Припада групи „веома топлих" типова, просечна дневна температура за време овог типа у лето је 22,2°C, а у јулу 22,3°C што чини овај тип најтоплијим међу типовима. Као и код осталих типова у најтоплијем делу године и овде се уочава иста правилност у просторној расподели дневних температура ваздуха; највише вредности су добијене за станице на западу и северу Србије, као и за станицу Неготин на истоку, док су најниже вредности утврђене за станице на највећим надморским висинама. На више од половине станица просечне дневне температуре ваздуха имају вредности преко 23,0°C (највише у Београду са 24,6°C).

Тип_3 и по учесталости и по температурама ваздуха прати Тип_2. Заједно са Типом_2 припада групи „веома топлих" типова. У приземљу га такође одликују антициклонални услови, а у висинској ситуацији оса гребена високог притиска се помера ка истоку, односно над Србијом доминира југозападна струја. Генерално, Тип_1, Тип_2 и Тип_3 представљају типичне услове за лето, односно доминацију гребена Азорског антициклона у Јужној и Средњој Европи, укључујући и простор Балканског полуострва. Такође, део су циркулационих услова велико-скалних размера представљених Типом_7 и Типом _8 у случају KRZ9 каталога, а у случају каталога CAP18 еквиваленти су им Тип_1 и Тип_2.

Тип_4 је најзаступљенији у јесен са 8,7%, потом у лето са 6,7% и најмање у пролеће са 3,9%, док изостаје у зиму. Припада групи „топлих” типова. У приземљу над већим делом домена доминира повишен ваздушни притисак са максимумом на истоку европског континента. Простор Србије је под утицајем јужних и југоисточних ваздушних продора којима се у току лета врши адвекција топлог ваздуха који је модификован у зависности од простора преко кога се креће. Према Dobrilović́u (1960) струјање из јужног квадранта доноси ваздушне масе са Средоземног мора, а које воде порекло из Северне Африке, али су преласком преко Средоземног мора у великој мери модификоване. Уколико долазе са крајњег југоистока Европе ради се о континенталним ваздушним масама. У висинској ситуацији изнад Србије доминира југозападно струјање у склопу гребена који на истоку домена омогућава продор топлог ваздуха ка северу. Изохипса од 5,5 km у најсевернијој позицији достиже 60°N, тј. представља тип циркулације атмосфере карактеристичан за лето. Одликује га мала варијабилност дневних температура са вредностима од 0,09 и за годишњи и за сезонски ниво, што говори о доминантном утицају циркулације атмосфере на измерене вредности температура ваздуха на простору целе Србије.

Тип_5 изостаје у пролеће и зиму, док је учесталији у лето него јесен. Припада групи „топлих” типова. У приземљу, Србија се налази под утицајем поља ниског притиска са југоистока, које у правцу запада прелази у област повишеног притиска. У висинској ситуацији доминира северозападно и западно струјање. Уколико се изузму станице на већим надморским висинама, најниже просечне дневне температуре ваздуха се добијају за станице у западној половини Србије (у лето просечне дневне температуре у Лозници и Ваљеву износе 17,9°C и 17,8°C), док су највише на југоистоку, истоку и североистоку Србије (највише вредности у лето се добијају за Ниш 18,9°C и Неготин 19,8°C).

Табела 9. Учесталост типова (U, у %), просечна дневна температура ваздуха (Tsr, у °C) и стандардна девијација просечних дневних температура ваздуха (S, у °C) на станицама у Србији за сваки тип циркулације атмосфере, CAP27, домен ЈИ Европа. (-) тип изостаје; (--) учесталост типа је <1%

		Тип_1	Тип_2	Тип_3	Тип_4	Тип_5	Тип_6	Тип_7	Тип_8	Тип_9	Тип_10	Тип_11	Тип_12	Тип_13	Тип_14	Тип_15	Тип_16	Тип_17	Тип_18	Тип_19	Тип_20	Тип_21	Тип_22	Тип_23	Тип_24	Тип_25	Тип_26	Тип_27
Година	U	7,8	6,8	5,6	4,8	4,6	4,7	4,3	4,0	3,8	3,8	3,7	3,9	3,5	3,4	3,3	3,1	2,9	2,9	3,0	2,9	2,9	2,8	2,6	2,5	2,4	2,2	1,6
	Trs	18,5	21,7	21,2	17,5	17,0	15,3	13,4	13,8	5,0	9,6	12,6	2,3	9,0	12,8	-1,0	-1,6	4,6	7,3	4,7	6,5	3,9	-1,0	6,6	0,7	2,1	-3,2	-1,8
	S	2,2	2,1	1,8	1,9	2,1	1,8	2,1	1,8	1,6	1,6	2,1	2,3	1,8	1,9	1,5	1,3	1,4	2,0	1,8	1,5	1,9	1,7	1,7	2,0	1,3	2,2	2,0
Пролеће	U	--	--	--	3,9	--	6,8	4,4	1,1	5,9	4,1	10,1	5,2	6,4	7,7	2,8	1,6	2,8	8,5	4,1	4,3	3,1	3,6	4,3	3,1	1,0	2,1	1,0
	Trs	--	--	--	19,0	--	16,8	15,2	17,7	7,8	14,4	13,9	7,7	11,1	14,1	2,2	3,2	8,8	8,9	7,7	9,7	7,9	1,5	9,0	3,8	7,2	-0,6	0,1
	S	--	--	--	2,0	--	2,0	2,2	2,3	2,1	2,2	2,3	2,2	2,1	2,2	1,9	1,9	1,9	2,2	2,2	1,9	2,2	2,2	2,0	2,3	1,9	2,5	2,3
Лето	U	24,8	22,9	18,8	6,7	14,3	3,0	5,4	1,9	-	--	1,3	-	--	--	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Trs	18,9	22,2	21,5	18,9	17,3	17,3	15,3	18,2	-	--	14,2	-	--	--	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	S	2,3	2,1	1,8	2,2	2,1	2,2	2,4	2,4	-	--	2,5	-	--	--	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Јесен	U	5,8	4,2	2,8	8,7	3,4	8,8	7,1	12,9	2,3	9,9	3,2	2,0	4,6	4,6	--	--	3,5	1,0	1,3	4,1	3,1	--	1,9	--	2,3	--	--
	Trs	16,7	19,0	19,7	15,8	15,5	13,6	11,0	12,8	3,4	8,0	8,5	1,7	7,7	11,6	--	--	4,2	4,3	4,4	5,8	3,3	--	7,3	--	2,9	--	--
	S	2,1	1,8	1,9	1,7	1,9	1,6	1,8	1,6	1,6	1,4	1,5	2,0	1,7	1,8	--	--	1,2	1,7	1,9	1,4	1,8	--	1,8	--	1,2	--	--
Зима	U	-	-	-	-	-	--	--	--	7,3	--	--	8,6	2,7	1,0	9,8	10,3	5,5	2,1	6,8	3,2	5,3	7,6	4,0	6,3	6,5	6,6	5,1
	Trs	-	-	-	-	-	--	--	--	3,2	--	--	0,6	5,6	7,1	-1,9	-2,5	2,6	2,2	3,0	2,9	1,8	-2,3	3,5	-0,8	1,0	-4,1	-2,3
	S	-	-	-	-	-	--	--	--	1,5	--	--	1,7	1,7	2,3	1,3	1,3	1,5	1,3	1,6	1,4	1,8	1,6	1,6	1,8	1,3	2,1	1,9
Јануар	U	-	-	-	-	-	-	-	-	7,3	--	--	8,8	2,3	--	9,7	13,1	6,3	1,6	4,3	2,7	5,0	7,6	3,3	6,9	6,5	7,3	5,7
	Trs	-	-	-	-	-	-	-	-	2,5	--	--	-0,2	4,4	--	-2,6	-3,5	2,1	3,3	0,9	2,2	0,7	-3,2	2,1	-1,3	-0,1	-5,0	-4,1
	S	-	-	-	-	-	-	-	-	1,4	--	--	1,7	1,7	--	1,2	1,2	1,5	1,4	1,5	1,4	1,8	1,4	1,9	1,7	1,4	2,0	1,8
Јул	U	32,3	25,3	23,7	2,3	12,1	-	3,5	--	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Trs	19,1	22,3	21,6	19,3	17,5	-	15,1	--	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	S	2,3	2,2	1,8	2,2	2,3	-	2,4	--	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Тип_6 изостаје у зимским месецима, док га у току лета одликује мала учесталост, при чему је најучесталији у прелазним сезонама. Припада групи „умерено топлих” типова. Одликује га поље ниског притиска на простору средишњег дела европског континента са осом долине правца север-југ која продире у Средоземље где се увиђа активност Ђеновске циклогенетске области. Утицај овог поља на простору Србије се огледа у југозападним ваздушним продорима који у прелазним сезонама у току године доносе температуре ваздуха изнад нормале. Висинска ситуација такође указује на изразито југозападно струјање изнад Србије. Према расподели притиска еквивалентан је са Типом_11 и Типом_15 из каталога CAP18.

Тип_7 је приближно заступљен у пролеће, лето и јесен, док изостаје у зиму. У приземљу доминира гребен антициклона са запада. У оваквим ситуацијама простор Србије је изложен ваздушним масама са северозапада и севера. У висинској струји над Србијом је доминантан северозападни ток ваздуха. Припада групи „умерено топлих” типова.

Тип_8 је најучесталији међу типовима у јесен са 12,9%. У пролеће и лето има малу учесталост, а изостаје у зиму. У приземљу га одликује антициклон са средиштем у Панонској низији за који се може претпоставити да припада групи блокирајућих система, а у висинској ситуацији северно и северозападно струјње изнад Србије. Припада групи „умерено топлих” типова. Према расподели притиска еквивалентан је са Типом_6 из каталога CAP18.

Тип_9 изостаје у лето, док посматрано по сезонама је најучесталији у зиму, а потом у пролеће и најмање у јесен. На северу Европе је развијено поље ниског притиска са осом долине правца север-југ, која продире у Средоземље и у области Ђеновског залива се јавља са секундарним минимумом. У висинској ситуацији доминира зонална циркулација у већем делу домена. Изохипса од 5,5 km се простире изнад средишњег дела Средоземног мора, што говори да се ради о типу циркулације карактеристичном за хладнији део године. Припада групи „умерено хладних” типова. Еквивалент му је Тип_7 из CAP18 каталога.

Тип_10 је један од учесталијих типова у јесен са 9,9%, док је у пролеће заступљен са 4,1%. У току лета и зиме учесталост му је мања од 1%. У приземљу га одликује антициклон са центром у области Карпата са вредностима притиска од 1024 mb у централним деловима. Простор Србије је под утицајем ваздушних продора са истока. У висинској ситуацији изнад Србије је доминантно северно струјање. Изохипса од 5,5 km у склопу таласа зоналне струје у најсевернијој позицији је на око 55°N. Припада групи „умерено топлих” типова.

Тип_11 је најзаступљенији међу типовима у пролеће са 10,1%. Одликује га мала учесталост у јесен и лето, док у зиму изостаје. Већи део Европе је под утицајем антициклоналног поља и ослабљеног градијента притиска, док је простор Србије изложен североисточним ваздушним продорима. Постојани услови могу допринети већем загревању, па овај тип припада групи „умерено топлих” типова. Долина у висинској струји, у источној половини домена, са осом на 25°E омогућава продор ваздушних маса са севера у овом делу Европе, укључујући и простор Србије. Изохипса од 5,5 km је на око 52°N.

Тип_12 је један од учесталијих у зиму са 8,6%, док у лето изостаје. Учесталији је у пролеће него у јесен. Припада групи „хладних” типова. У приземљу је доминантно поље високог притиска које се на простору Србије манифестује северозападним ваздушним продорима, а у висинској ситуацији изнад Србије је доминантно струјање из северног квадранта.

Тип_13 изостаје у лето, док је у пролеће и јесен приближно подједнако застуљен, а у зиму са малом учесталошћу. У приземљу над већим делом Европе доминира зонална западна циркулација између области високог притиска на југу и ниског на северу Европе. На простору Србије је доминантно северозападно и северно струјање ваздуха. У висинској ситуацији изнад Србије је доминантан северозападни ток. Изохипса од 5,5 km је позиционирана изнад средишњег дела Балканског полуострва. Припада групи „умерено хладних” типова.

Тип_14 је катактеристичан за прелазне сезоне, у току лета и зиме изостаје. По расподели притиска и на висини и у приземљу сличан је Типу_6. Припада групи „умерено топлих” типова.

Тип_15 и **Тип_16** одликује антициклон северно и источно од Србије са доминантним утицајем на њен простор, са разликом да је код Типа_15 видљива циклонска активност у Средоземљу. Такође, у висинској ситуацији су доминантни продори са севера и истока Европе, којима се транспортује веома хладан ваздух на простор Србије. Оба типа изостају у лето и јесен, а међу најучесталијим су у зиму, односно јануару. У пролеће их одликује мала учесталост. Припадају групи „веома хладних” типова са просечним дневним температурама ваздуха од -1,9°C (Тип_15) и -2,5°C (Тип_16) у зиму, односно -2,6°C (Тип_15) и -3,5°C (Тип_16) у јануару. Еквивалент им је Тип_10 из CAP18 каталога, при чему са увиђа предност каталога са више типова, односно могућност боље стратификације ових ситуација које су подељене на ова два типа.

Тип_17 изостаје у лето, док је по сезонама најучесталији у зиму, а потом у јесен и најмање у пролеће. У приземљу је доминантан утицај гребена антициклона са истока, што на простору Србије условљава продоре ваздушних маса из тог правца. У висинској ситуацији доминира западно и северозападно струјање. Припада групи „умерено хладних” типова.

Тип_18 представља један од учесталијих типова у пролеће − други је по учесталости са 8,5%, одмах после Типа_11. Изостаје у лето, а у јесен и зиму га одликује мала учесталост. У синоптичкој ситуацији у приземљу доминира поље ниског притиска у источном Средоземљу, а под чијим утицајем је у виду продора ваздушних маса са истока и простор Србије. На истоку и западу Европе су развијена поља високог притиска чији се гребени спајају на простору Средње Европе. У висинској ситуацији доминира долина са осом меридијалног правца на око 22°E која омогућава продор ваздуха са севера. Припада групи „умерено хладних” типова.

Тип_19 изостаје у лето, док је најучесталији у зиму, а мање учестао у пролеће и најмање у јесен. По расподели притиска у приземљу је сличан Типу_14, док у висинској ситуацији изохипса од 5,5 km је позиционирана јужније, што оправдава

његову учесталост у току зиме и термичке одлике на простору Србије, односно продор топлијих ваздушних маса са југозапада је у вези са температурама изнад просека. Припада групи „умерено хладних” типова. У зиму само се Копаоник одликује негативном просечном дневном температуром ваздуха (-2,5°C), док су највише вредности добијене за станице на југоистоку Србије (Врање 5,0°C, Ниш 5,3°C и Пирот 5,3°C).

Тип_20 одликује приближно равномерна заступљеност у јесен, зиму и пролеће, док у летњим месецима изостаје. Одликује га јако развијено поље ниског притиска у централном Средоземљу и јако развијено поље високог притиска на истоку Европе. Зона највећег градијента притиска је на простору западног дела Балканског полуострва. У висинској ситуацији доминира југозападно струјање изнад Србије што доприноси да овај тип припада групи „умерено хладних” типова. Еквивалент му је Тип_10 из CAP18 каталога. Дуцић и Радовановић (2005) наводе да при кретању ваздушних маса са истока, долази до њиховог „пребацивања” преко планинских венаца ка Јадранском мору, при чему на висини могу бити заступљене медитеранске ваздушне масе што резултира појачаном нестабилношћу атмосфере на простору Србије која је праћена обилним падавинама, као и температурним инверзијама и радијационим маглама у котлинама.

Тип_21 изостаје у лето, а најучесталији је у зиму, док је приближно учестао у пролеће и јесен. У приземљу доминира антициклон са средиштем изнад Алпа, али и у области Лигурског и Тиренског мора што је неуобичајено за овај простор. Простор Србије је изложен ваздушним продорима са севера, што је такође карактеристично и за висинску ситуацију. Припада групи „умерено хладних” типова.

Тип_22 је најучесталији у зиму, а изостаје у лето и јесен. Одликује га поље ниског притиска са центром у Јонском мору, које такође припада циклогенетским областима у Средоземљу. На северу и истоку је развијено поље високог притиска, а за простор Србије у приземљу су карактеристични продори са истока. У висинској ситуацији доминирају продори са севера и североистока. Изохипса од 5,5 km у најјужнијој позицији је на око 32°N. Припада групи „веома хладних” типова са просечном дневном

температуром ваздуха од -2,3°C у зиму, односно -3,2°C у јанауру. На свим станицама је просечна дневна температура нижа од -1,0°C.

Тип_23 изостаје у току лета, у пролеће је заступљен са 4,3%, а у зиму са 3,5%. У јесен га одликује мала учесталост. У читавом домену је доминанатан утицај поља ниског притиска тј. Ђеновске циклогенетске области чији се утицај на простору Србије манифестује продорима ваздушних маса са југа и југозапада. У висинској ситуацији је изразито висинско југозападно струјање изнад Србије. Припада групи „умерено хладних" типова.

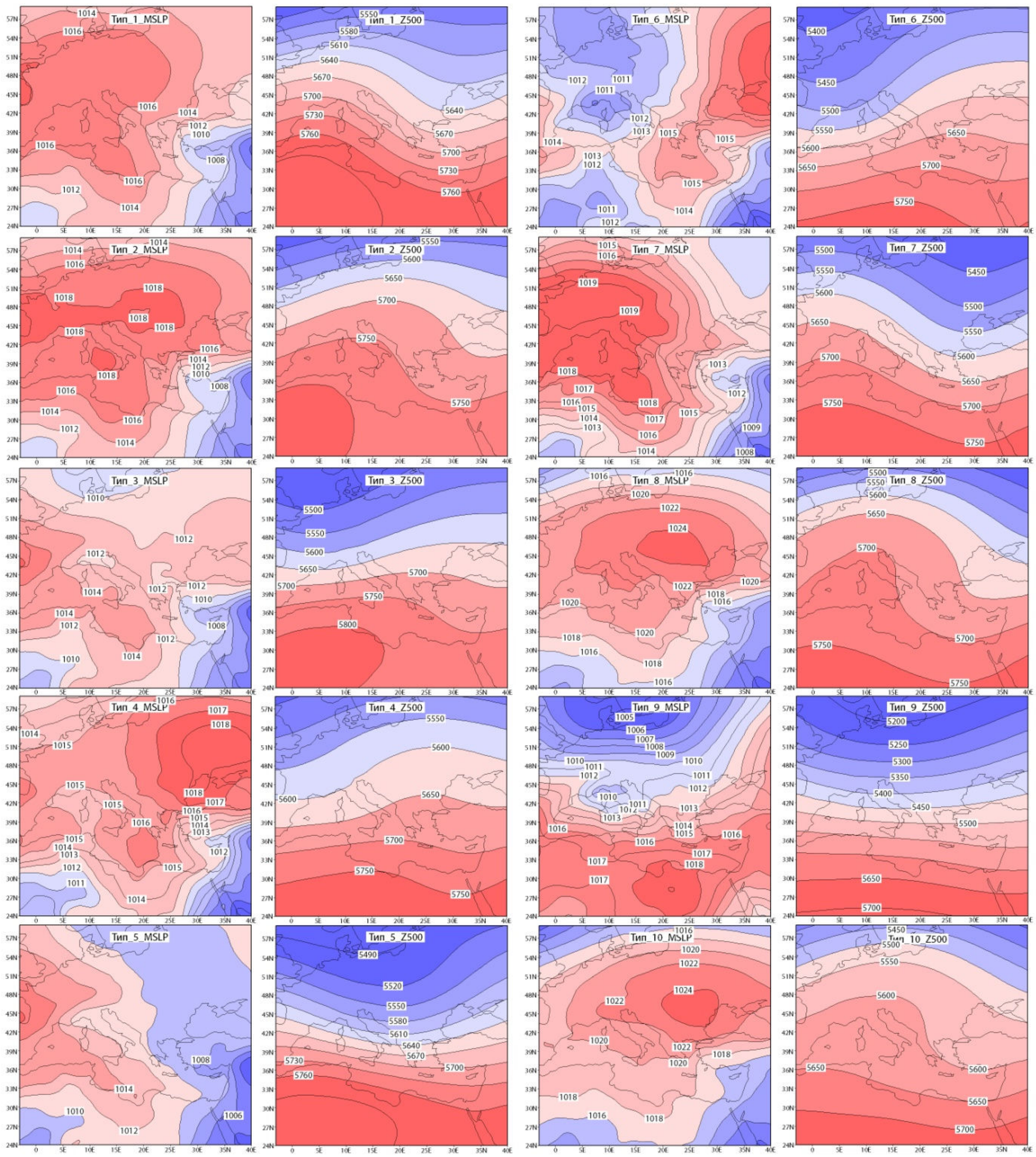
Тип_24 се јавља само у пролеће и зиму. У приземљу се простор Србије налази између поља ниског притиска на северу и истоку и поља високог притиска на западу, односно под утицајем је ваздушних маса које долазе са севера и северозапада којима се транспортују ваздушне маса са Атланског океана. У висинској ситуацији над Србијом такође доминирају продори са северозапада и севера. Припада групи „хладних" типова.

Тип_25 изостаје у лето, а најучесталији је у зиму. Одликује на антициклон са средиштем у северним деловима Балканског полуострва са притиском 1032 mb у средишњем делу, а у висинској ситуацији је изразит продор са севера, што заједно доприноси да овај тип припада групи „хладних" типова.

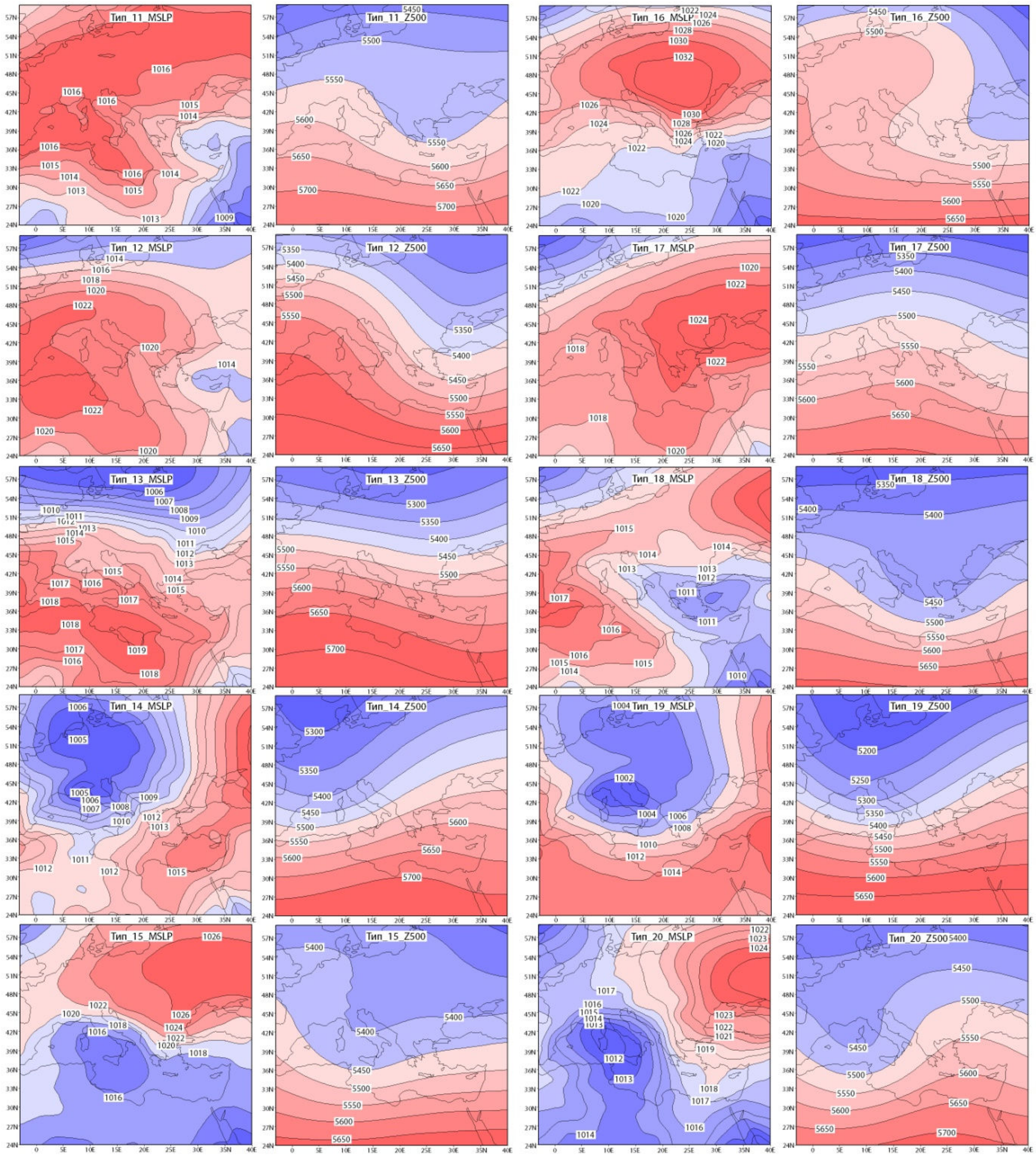
Тип_26 је један од учесталијих типова у току зиме, односно јануара. Изостаје у јесен и лето. Одликује га најнижа просечна дневна температура ваздуха од -4,1°C у зиму, односно -5,0°C у јануару. У приземљу га одликује поље високог притиска на простору Средње Европе. Простор Србије је под утицајем гребена овог поља тј. продора ваздуха са севера и североистока. Већи део Србије је обухваћен изобаром од 1022 mb. У источном Средоземљу је развијено поље ниског притиска. У висинској ситуацији доминира долина са осом правца североисток-југозапад, којом се врше продори веома хладних ваздушних маса са севера и североистока, што укупно доприноси најнижим просечним температурама ваздуха у Србији. Еквивалент му је Тип_16 из CAP18 каталога.

Тип_27 по расподели учесталости и температурама прати Тип_26. Припада групи „веома хладних” типова са просечним дневним температурама од -2,3°C у зиму, односно -4,1°C у јануару. Све станице имају просечне температуре испод 0°C, са најнижим вредностима за Копаник (-9.7°C), док су највише вредности добијене за Неготин (-0,5°C), Ниш (-0,8°C) и Пирот (-1,0°C). У приземљу, у централном делу домена се одликује пољем ниског притиска. На простору Србије су заступљени циклонални услови уз продоре ваздуха са североистока и истока. У висинској ситуацији је доминантна долина са осом у мердијалном правцу која омогућава продор ваздушних маса са севера којима је и простор Србије изложен. Представља еквивалент Типу_18 из CAP18 каталога.

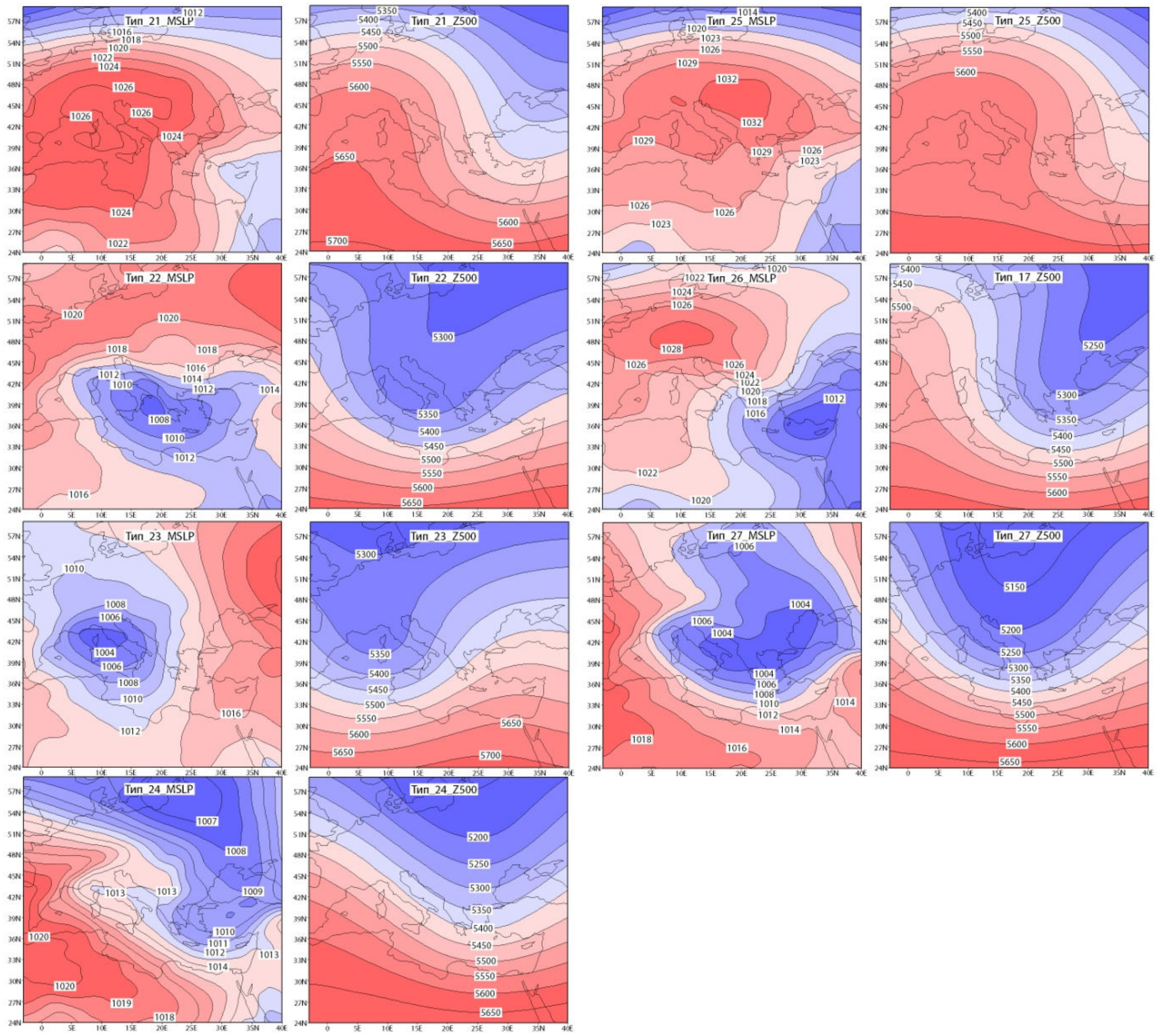
Каталог са 27 типова омогућава већу детаљност у дефинисању циркулационих услова, нарочито у стратификацији оних ситуација које се одликују највишим и најнижим вредностима дневних температура ваздуха. Такође, приметна је и значајна подударност са типовима из каталога са 18 типова (CAP18) за исти домен. Један од недостатака је отежан рад са великим бројем типова.



Слика 48. Каталог CAP27, Типови_1-10, MSLP (mb) и Z500 (m). Извор: *Cost733cat v2.0*



Слика 49. Каталог CAP27, Типови_11-20, MSLP (mb) и Z500 (m). Извор: *Cost733cat v2.0*



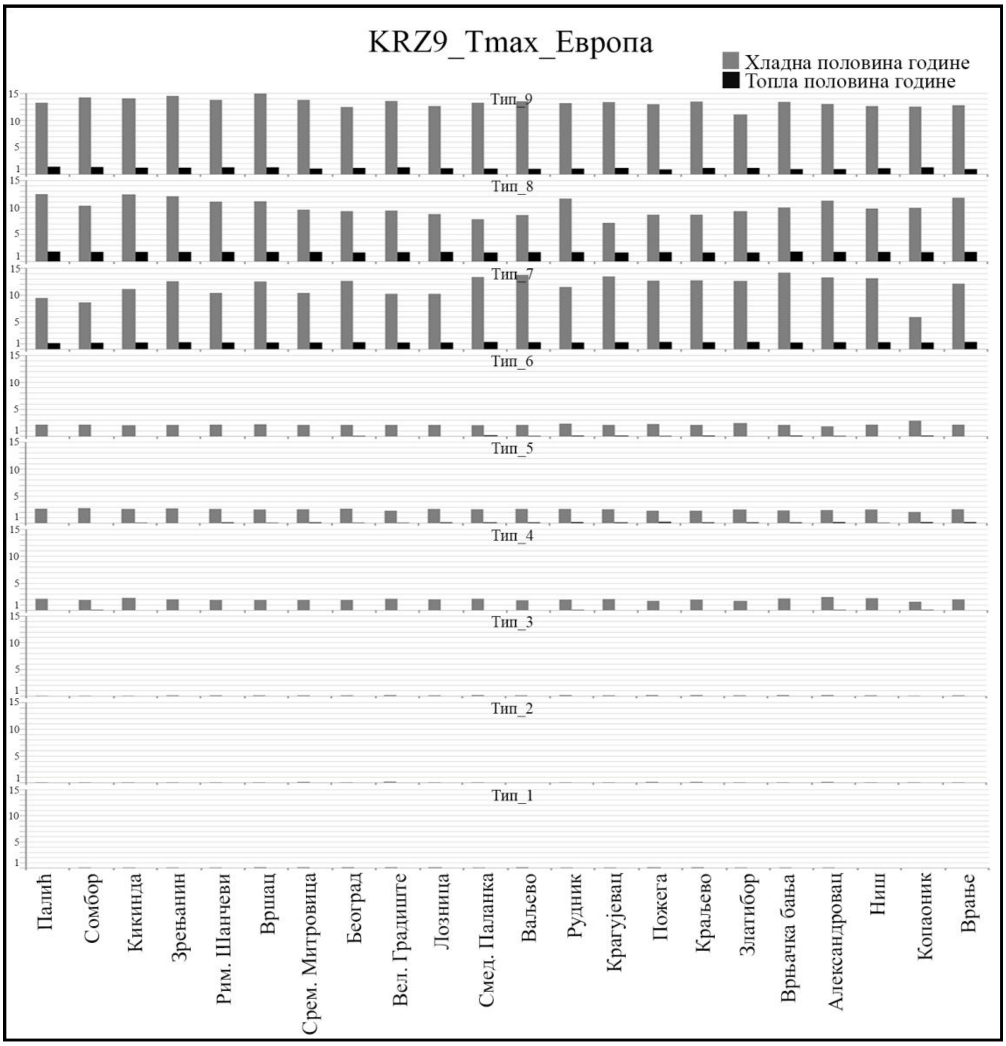
Слика 50. Каталог CAP27, Типови_21-27, MSLP (mb) и Z500 (m). Извор: *Cost733cat v2.0*

6.2. Температурни екстреми

Израчунати су коефицијенти ефективности (E) циркулационих типова за дане у којима је Tmax (Tmin) изнад (испод) 95-ог (5-ог) перцентила за топлу (април-септембар) и хладну (октобар-март) половину године. Резултати су приказани на сликама 51 и 52 за каталог KRZ9 и сликама 53 и 54 за каталог CAP18.

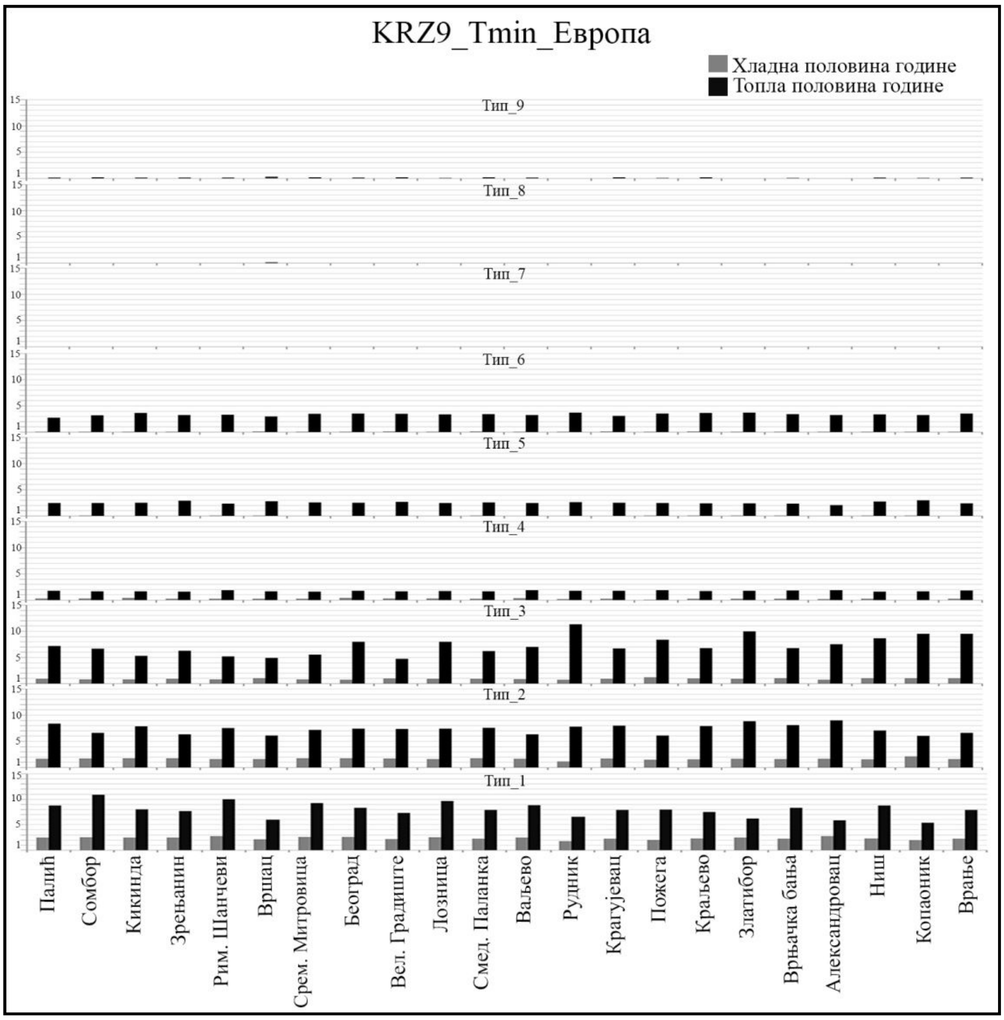
У случају каталога KRZ и Tmax се уочава да Тип_7, Тип_8 и Тип_9 имају највише вредности коефицијената, док за Tmin то су Тип_1, Тип_2, Тип_3, независно да ли је топлија или хладнија половина године, тј. у оба случаја ради се о типовима за које су

утврђене највише и најниже просечне дневне температуре ваздуха. Такође, уочавају се више вредности коефицијената за Tmax у хладнијој половини године и Tmin у топлијој половини године, што се може објаснити тиме да „топли"/„хладни" типови имају у хладној/топлој половине године занемарљиву укупну учесталост, али доминантну у екстремним догађајима за ту половину године (нпр. 65% времена под Типом_9 је повезано са дневним максималним температурама ваздуха изнад 95-ог перцентила у хладнијој половини године на станици Ваљево). Анализом прва три догађаја са највишим вредностима Tmax је утврђено да у њима Тип_7 учествује са 69,6%, Тип_8 са 29,1% и Тип_9 са 1,3%, док у случају прва три догађаја са најнижим вредностима Tmin Тип_1 учествује са 29,7%, Тип_2 са 22,5% и Тип_3 са 48,5%.

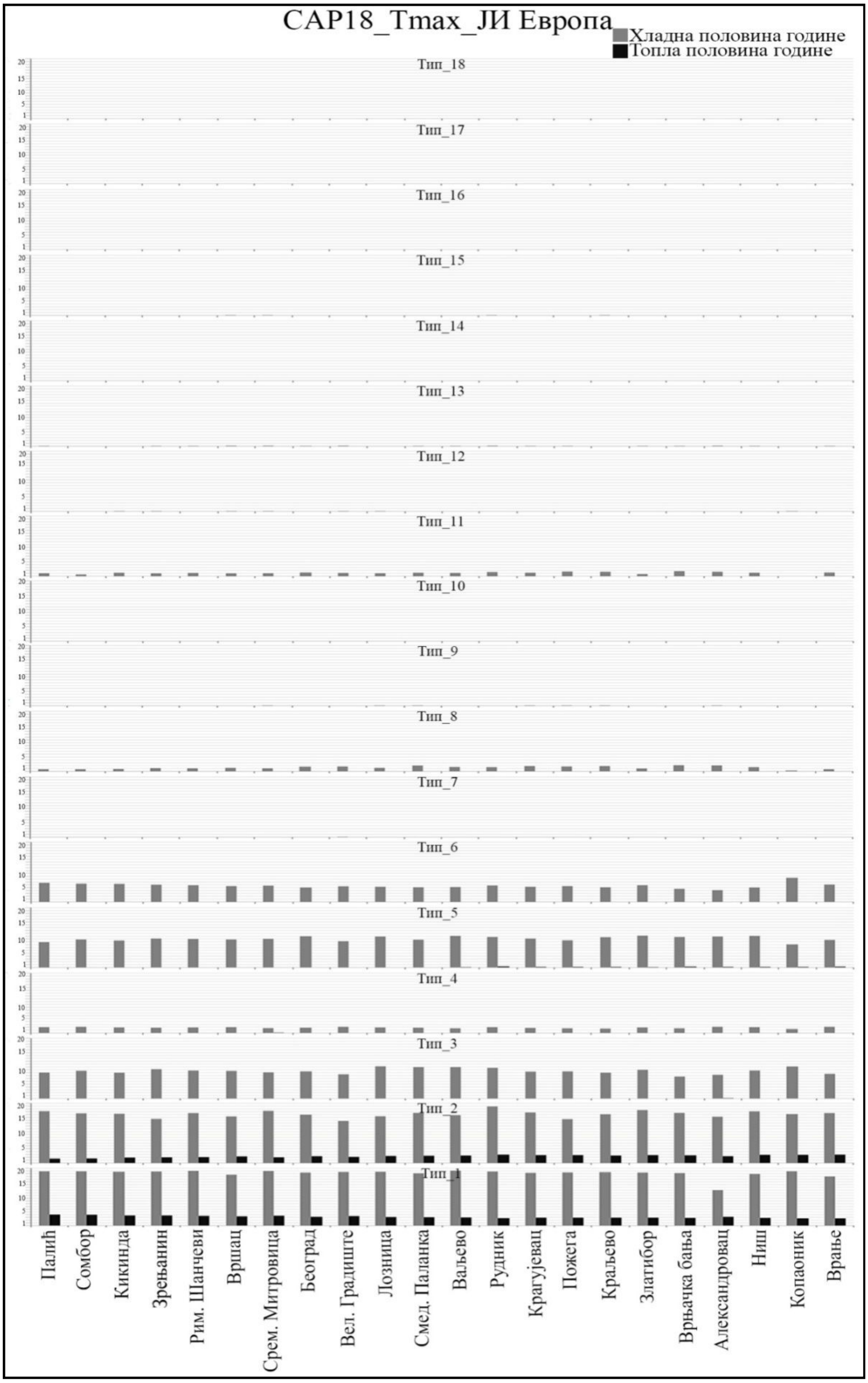


Слика 51. Коефицијенти ефективности за Tmax, KRZ9, домен Европа.

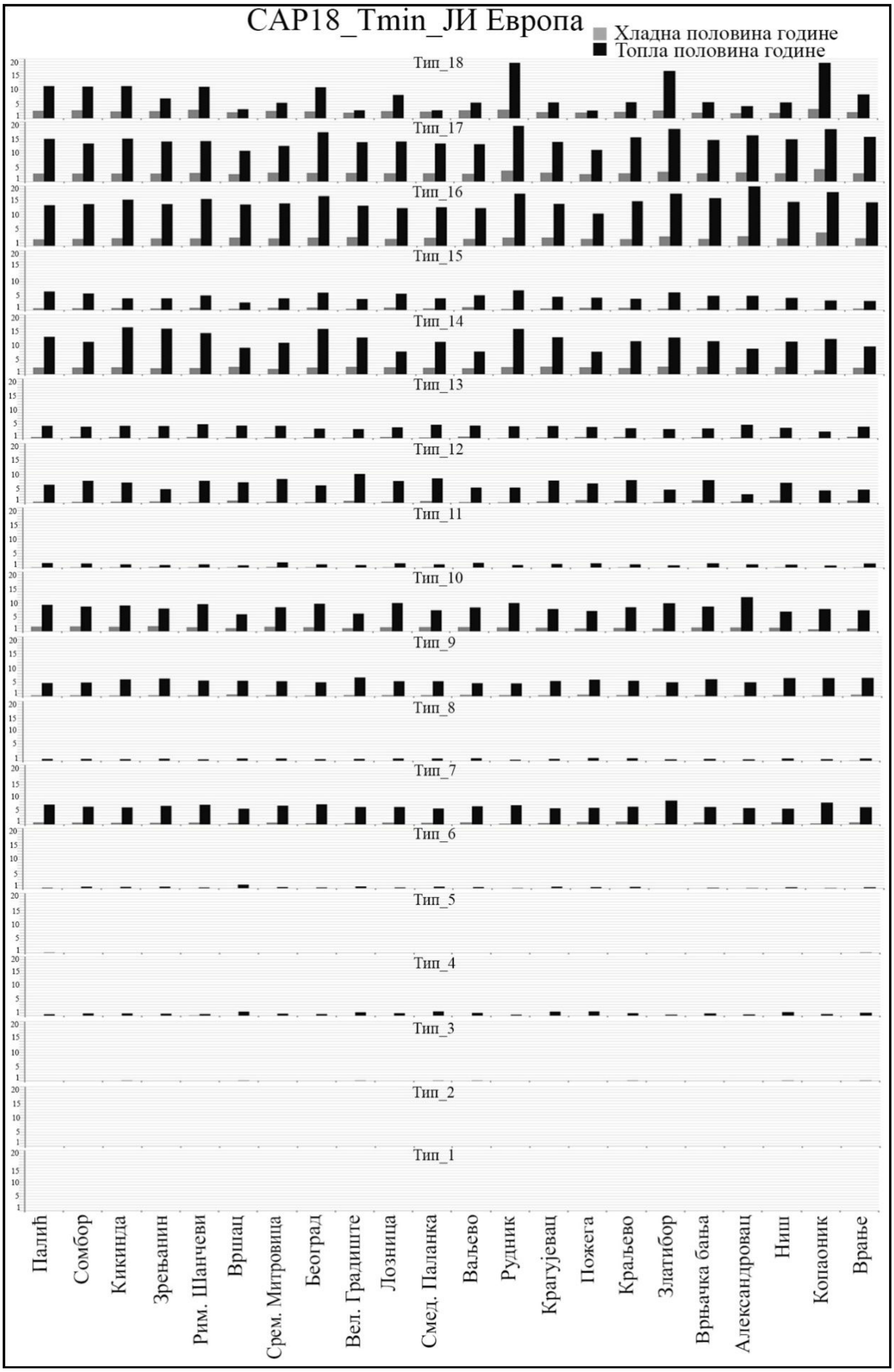
Вредности коефицијената ефективности за Tmax и Tmin, каталог CAP18, домен ЈИ Европа, су приказане на сликама 53 и 54. Највише вредности коефицијената ефективности за Tmax у топлој половини године су добијене за Тип_1 и Тип_2, док у хладној половини године више вредности добијене и за Тип_3, Тип_5 и Тип_6. У случају Tmin, Тип_17, Тип_16, Тип_18 и Тип_14 имају највеће вредности коефицијента ефективности у хладној половини године, док у топлој половини године поред поменутих типова више вредности коефицијента ефективности су израчунате и за Тип_10 и Тип_12. Добијене вредности Е су сагласне са поделом типова према термичким особинама. Анализом прва три догађаја са највишим вредностима Tmax је утврђено да у њима Тип_1 учествује са 40,5%, Тип_2 са 58,2% и Тип_3 са 1,3%, док у случају прва три догађаја са најнижим вредностима Tmin Тип_16 са 35,6%, Тип_10 са 26,5% и Тип_3 са 25,0%.



Слика 52. Коефицијенти ефективности за Tmin, KRZ9, домен Европа.



Слика 53. Коефицијенти ефективности за Tmax, CAP18, домен ЈИ Европа.



Слика 54. Коефицијенти ефективности за Tmin, CAP18, домен ЈИ Европа.

У случају каталога CAP27 највише вредности коефицијента ефективности (нису графички приказане због великог обима) за Tmax у топлој половини године су добијене за Тип_2, Тип_3 и Тип_1, док у хладној половини године и за Тип_4, Тип_5, Тип_6 и Тип_8. За Tmin у хладној половини године највише вредности су за Тип_26, Тип_27, Тип_16, Тип_22, Тип_15 и Тип_24, у топлој половини године и за Тип_12, Тип_16 и Тип_17. Анализом прва три догађаја са највишим вредностима Tmax утврђено је да у њима Тип_3 учествује са са 58,2%, Тип_2 са 40,5%, и Тип_1 са 1,3%, док у случају прва три догађаја са најнижим вредностима Tmin у 3/4 случајева учествују Тип_26 са 47,1%, Тип_22 са 16,2% и Тип_15 са 13,2% (остали типови који се појављују имају учесталост мању од 3,0%), односно типови који припадају групама „веома топли" и „веома хладни".

Генерално, вредности коефицијента ефективности су потврдиле значај већ описаних ситуација (у одељку 6.1.) за екстремне температурне догађаје, односно способност коришћених типологија у њиховом препознавању кроз приказане расподеле ваздушног притиска.

6.3. Дневне падавине

Одлике типова, каталог PXK17

Резултати за показатеље одлика циркулационих типова у анализи падавина су приказани у табели 10 за каталог PXK17 (домен Европа). Према условима влажности који су карактеристични за сваки од типова, генерално се издвајају три групе (и на годишњем и на сезонском нивоу): „мање влажни" (Тип_2, Тип_4, Тип_11, Тип_15, Тип_16 и Тип_17), „умерено влажни" (Тип_5, Тип_9, Тип_10, Тип_13 и Тип_14) и „више влажни" (Тип_1, Тип_3, Тип_6, Тип_7, Тип_8 и Тип_12) типови. Имајући у виду мале вредности коефицијената варијације дневних падавина (на годишњем нивоу од 0,12 за Тип_8, Тип_10 и Тип_17 до 0,26 за Тип_11), представљене односом стандардне девијације и просечних падавина за Србију у целини, а изведених из станичних вредности, се може закључити да је атмосферска циркулација водећи фактор у расподели дневних падавинских интензитета на простору Србије. Приказ PXK17 типова је дат на сликама 55-59.

Тип_1 има највећу учесталост међу типовима на годишњем нивоу (8,4%), међутим његова учесталост по сезонама варира, при чему изостаје у зимским месецима. Најучесталији је у лето (са 21,8% је други по учесталости), односно у јуну (са 19,3% представља најучесталији тип у овом месецу). Према просечним дневним падавинама припада групи типова са вишим падавинским интензитетима тј. „више влажним" типовима; у лето просечне дневне падавине у Србији за време овог типа су 6,5 mm, у јуну 7,3 mm, док у пролеће са 6,4 mm је тип са највишим вредностима просечних дневних падавина. Према просторној расподели ваздушног притиска на нивоу мора Тип_1 одликују услови карактеристични за лето у умереним ширинама посматраног домена, када се суптропска област високог притиска помера на север и захвата већи део европског континента, док је област ниског притиска са центром између Исланда и Скандинавије. У погледу висинске ситуације одликује га зонални западни ток изнад већег дела Европе са долином изнад Југоисточне и Источне Европе (оса долине је правца север-југ и простире се на око 30°E) што условљава претежено северозападно струјање изнад Србије. Геопотенцијал од 500 hPa на висини од 5,5 km се простире највећим делом на око 60°N, што говори да се ради о висинској циркулацији карактеристичној за топлију половину године и умерене географске ширине северне хемисфере. Упркос антициклонским условима у приземљу, више падавине за време Типа_1 у Србији се могу објаснити чињеницом да у условима интензивног загревања у току топлије половине године излучене падавине су претежно конвективног порекла. Тада се у кратким интервалима излучи већа количина падавина, у виду пљускова праћено грмљавином и олујним временом. Такође, кретање хладнијег и маритимног ваздуха са северозапада Европе, односно Атлантика, и формирање хладног фронта на простору Србије, праћено олујним временом и непогодама у хладном ваздуху, може условити веће вредности дневних падавина у току лета (Unkašević and Radinović, 2000). Ниже вредности коефицијента варијације дневних падавина на станицама у Србији за време Типа_1 указују на доминантан утицај атмосферске циркулације на добијене вредности: коефицијент варијације се креће од 0,14 на годишњем нивоу и у лето до 0,37 у пролеће. Међутим, тешко се може извести неки закључак о просторном груписању падавина из чега произилази да је атмосферска циркулација водећи фактор за добијене вредности, а да су разлике међу станицама резултат деловања орографских и локалних фактора, који нарочито долазе до изражаја при екстремним падавинским догађајима, и то у најтоплијем делу године за који је овај тип карактеристичан.

Тип_2 по учесталости на годишњем нивоу је одмах иза Типа_1 са 8,0 %. Међутим, у сезонској расподели учесталости је обрнута ситуација, изостаје у летњим месецима, односно учесталост му је мања од 1%, а најучесталији је у зиму са 15,0%, што је и највише међу типовима у овој сезони. По просечним дневним падавинама од 3,8 mm на годишњем нивоу припада групи „мање влажних" типова. Такође, по сезонама га одликују ниже падавине у односу на остале типове. Посматрајући ситуацију у приземљу увиђа се поље високог ваздушног притиска у читавој јужној половини домена − Азорски антициклон са гребеном који се у правцу истока спаја са пољем високог притиска на крајњем истоку домена. На северу домена је развијено поље ниског притиска са центром на северу Скандинавије. У таквим условима над Западном Европом и даље ка унутрашњости континента се успоставља западно струјање. На простору Србије, који је највећим делом обухваћен гребеном Азорског антициклона и изобаром од 1020 mb, се стварају услови за северозападне и северне ваздушне продоре. Анализа висине геопотенцијалног поља од 500 hPa указује на претежно зонални ток циркулације изнад Европе са северозападном компонентом изнад Србије, чиме се ствара могућност за продоре из северног квадранта. На основу положаја поља од 500 hPa на висини од 5,5 km које има северозападно-југоисточну оријентацију изнад Југоисточне Европе, укључујући простор Србије, закључује се да се ради о условима који доминирају у хладнијој половини године када се умереноширинска област ниског притиска помера ка југу. Премда је простор Србије изложен струјањима са северозапада, којима се транспортују маритимне ваздушне масе са Атлантика, ниже вредности падавина се могу приписати генерално мањим дневним падавинским интензитетима за време хладније половине године. Unkašević and Tošić (2011) наводе да и поред дужег трајања падавинских догађаја и већег броја падавинских дана у зиму, дневне падавине су више у лето. За разлику од Типа_1, код Типа_2 се може уочити одређено просторно груписање дневних падавина (премда су и овде мале вредности коефицијента варијације), нарочито у току зимске сезоне када је овај тип и најучесталији. Најниже вредности дневних падавина се добијају за станице на северу, истоку и југоистоку Србије, док највише вредности за станице на западу и југозападу Србије и за станице на већим надморским висинама. Ово потврђује значај атмосферске циркулације као фактора регионалне климатске варијабилности, нарочито у хладнијој половини године при приказаним циркулационим условима.

Тип_3 по учесталости од 25,4% доминира међу типовима у лето. У зиму изостаје, а у пролеће му је учесталост мања од 1%, док је у јесен присутан са малом учесталошћу (3,3%). По висини просечних дневних падавина од 5,9 mm у току лета припада групи „више влажних" типова, док у јесен спада међу типове са највишим просечним дневним падавинама (6,4 mm). У приземљу га одликује област ниског притиска у северном делу домена и са центром на простору Скандинавског полуострва и Азорско поље високог притиска на југу чији се утицај преноси на југозападне делове Европе, стварајући услове за северозападно струјање изнад већег дела Европе укључујући и простор Србије. Tošić and Unkašević (2013) истичу да се 74,5% падавина у Београду излучи у току топлије половине године и да су ове падавине везане за интезивну конвекцију хладнијег и влажног ваздуха, углавном маритимног порекла. Такође, поред ваздушних продора са југозапада и југоистока, значајан удео у томе имају и ваздушне масе којима се преносе утицаји Атланског океана у унутрашњост континента, а на простору Србије се манифестују северозападним продорима. Билић (1978) истиче да „ ... летња освежења на простору Србије долазе са ваздушним масама са Атлантика посредством атлантских циклона и антициклонских гребена, образованих иза хладних фронтова над Централном Европом, највише под утицајем рељефа. Иако је овај ваздух релативно хладан, брзо се загреје од подлоге, постаје нестабилан и даје краткотрајне пљусковите падавине.". Исти аутор напомиње да при таквим ситуацијама се дневно излучи и до 30,0 mm падавина. Градијент притиска геопотенцијала од 500 hPa је највећи на простору средишњег дела Европе и има зоналан ток изнад највећег дела континента укључујући и простор Србије. У овом делу изохипса од 5,5 km се пружа у виду таласа који образује долину, са најјужнијом позицијом до 50°N, док западно и источно прелази и 60°N. Над Србијом доминира зонално оријентисана циркулација атмосфере. Као и у случају Типа_1, коефицијент варијације има ниже вредности, док се у просторној расподели дневних падавина издваја западни део Србије са највишим вредностима, као и станице на већим надморским висинама, а исток и југоисток Србије одликују најниже дневне падавине. У лето за време Типа_3 просечне дневне падавине у Лозници и Ваљеву износе 7,1 mm и 7,4 mm, док су у Неготину, Зајечару и Нишу 4,6 mm, 4,8 mm и 4,6 mm.

Табела 10. Учесталост типова (U, у %), просечне дневне падавине (R, у mm) и стандардна девијација просечних дневних падавина (S у mm) на станицама у Србији за сваки тип циркулације атмосфере, РХК17, домен Европа. (-) тип изостаје; (--) учесталост типа је <1%

		Тип_1	Тип_2	Тип_3	Тип_4	Тип_5	Тип_6	Тип_7	Тип_8	Тип_9	Тип_10	Тип_11	Тип_12	Тип_13	Тип_14	Тип_15	Тип_16	Тип_17
Година	U	8,4	8,0	7,4	7,2	6,7	6,4	5,9	5,9	5,6	5,4	5,3	5,2	5,1	4,8	4,8	4,3	3,6
	R	6,1	3,7	5,9	3,7	4,1	6,3	5,7	6,8	5,3	5,1	2,9	5,6	4,6	4,8	3,6	3,7	4,0
	S	0,8	0,7	0,8	0,5	0,7	0,9	0,8	0,8	0,8	0,6	0,7	0,9	0,8	0,7	0,5	0,6	0,5
Пролеће	U	1,8	6,9	--	4,0	7,4	2,3	9,4	1,5	7,3	6,1	3,6	13,9	4,5	9,3	9,6	5,6	6,2
	R	6,4	3,6	--	3,4	3,5	5,0	5,9	5,1	4,6	5,0	3,1	5,3	4,6	4,8	3,7	3,4	4,2
	S	2,4	0,9	--	0,6	0,6	1,6	1,1	1,4	0,6	0,8	0,9	0,8	0,9	0,8	0,5	0,7	0,6
Лето	U	21,8	-	25,4	-	-	20,4	3,6	18,5	--	3,2	-	3,0	--	--	1,5	-	--
	R	6,4	-	5,9	-	-	6,7	7,7	6,9	--	7,4	-	7,2	--	--	3,7	-	--
	S	0,9	-	0,8	-	-	0,9	1,5	0,9	--	1,6	-	2,3	--	--	1,3	-	--
Јесен	U	9,7	10,1	3,3	11,9	9,6	3,0	5,8	3,5	7,4	7,6	4,7	3,1	8,2	2,0	5,3	2,9	1,9
	R	5,3	3,9	6,4	4,9	5,5	4,8	5,7	6,7	6,4	5,0	3,7	5,9	5,3	6,3	3,6	4,5	5,0
	S	1,0	0,8	1,3	0,8	1,1	1,2	0,9	1,3	1,2	1,1	1,5	1,2	1,3	0,9	0,7	1,1	1,0
Зима	U	-	15,0	-	13,0	9,8	-	4,8	-	7,3	4,6	12,8	--	7,0	7,7	2,6	8,6	6,0
	R	-	3,7	-	2,9	3,5	-	4,8	-	5,0	3,9	2,6	--	4,0	4,3	3,0	3,5	3,5
	S	-	0,7	-	0,5	0,7	-	0,6	-	0,8	0,5	0,7	--	0,8	0,8	0,9	0,6	0,6
Јун	U	19,3	--	14,8	-	--	18,0	7,5	18,3	1,5	5,5	--	6,3	1,56	--	3,6	--	--
	R	7,3	--	5,5	-	--	6,8	7,6	6,6	7,6	7,8	--	6,7	4,1	--	3,8	--	--
	S	1,1	--	1,2	-	--	1,3	1,4	1,0	3,1	2,1	--	2,4	2,3	--	1,4	--	--

Тип_4 је по учесталости у току године сличан Типу_2, изостаје у летњим месецима, али има највећу учесталост међу типовима у току јесени (11,9%), и други је по учесталости у току зиме са 13,0%. По просечним дневним падавинама спада у групу „мање влажних" типова, премда га у приземљу одликује јако развијен Исландски циклон чији се утицај преноси ка западу и северозападу Европе у склопу југозападне струје. Међутим, део Средње и цела Јужна Европа су под утицајем поља високог притиска чији се гребен са истока шири ка западу и југозападу Европе спајајући се са Азорским антициклоном, а под чијим се утицајем налази и простор Србије, чиме су омогућени продори ваздушних маса из источног квадранта. Висинска ситуација указује на претежно западни зонални ток изнад простора Србије. Коефицијент варијације за станичне вредности падавина у Србији је међу најнижим; на годишњем нивоу има вредност од 0,13.

Тип_5 је доминантан у хладнијој половини године, док изостаје у летњим месецима. Спада међу учесталије типове у току јесени (9,6%) и зиме (9,8%), одмах после Типа_2 и Типа_4. Одликује га поље високог притиска изнад већег дела Европе делујући блокирајуће за овај простор. Висинска ситуација указује да је простор Југоисточне Европе, укључујући Србију, изложен интензивном продору ваздуха са севера и североистока. По положају изохипсе од 5,5 km циркулациони услови су карактеристични за хладнију половину године. Просечне дневне падавине у Србији за време овог типа у зиму су 3,6 mm, а у јесен 5,5 mm. Иако коефицијент варијације не прелази 0,21, и то за зимску сезону, у просторном распореду падавина за време Типа_5 су присутне ниже падавинске суме у Војводини (са најнижим вредностима за Кикинду од 2,7 mm), док су више вредности присутне у источном делу Србије (највише у Неготину 7,8 mm), као и на станицама на већим надморским висинама (највише за Рудник 5,0 mm).

Тип_6 је после Типа_1 и Типа_3 трећи по учесталости у току лета са 20,4% и у јуну са 18,0%, одмах после Типа_1 и Типа_8, док у пролеће и јесен има малу учесталост, а у току зиме изостаје. Област високог притиска обухвата највећи део европског континента са осом гребена правца југозапад-североисток и два максимума – примарни у области Азора и секундарни на крајњем северу Европе. У погледу висинске ситуације, већи део Европе је под утицајем поља високог притиска које се у виду

великог таласа простире далеко на север домена (изохипса од 5,5 km се простире северно од Скандинавског полуострва). Изнад Србије доминира северозападно струјање. Као и Тип_1 и Тип_3, Тип_6 припада групи „више влажних” типова. У погледу просторне расподеле увиђа се да дневне падавине у источној половини Србије имају ниже вредности у односу на западни део, премда коефицијент варијације не достиже високе вредности, као што је то случај и код претходних типова.

Тип_7 је заступљен у свим сезонама, при чему представља један од учесталијих типова у пролеће са 9,4%. Такође, у свим сезонама припада групи „више влажних” типова – просечне дневне падавине у лето износе 7,7 mm. Одликује га у источном делу Северног Атлантика јако развијено поље ниског притиска са вредностима у централним деловима испод 996 mb. Јужно и југоисточно од ове области се простире антициклон са осом гребена правца југозапад-североисток, а који се у правцу истока спаја са пољем високог притиска на крајњем истоку домена, при чему је градијент притиска ослабљен на простору Средње Европе. У оваквим ситуацијама омогућен је транспорт ваздушних маса које на простору Западне Европе стижу из правца југозапада и запада, а на простору Србије се манифестују као ваздушни продори са северозапада. Према висини падавина се може претпоставити да се ради о ваздушним продорима којима се транспортују влажне ваздушне масе. Висина геопотенцијалног поља од 500 hPa указује да се простор Србије налази у средишњем делу долине таласа зоналне висинске струје, што омогућава продоре са северозапада и севера. Изохипса од 5,5 km у склопу овог таласа се простире изнад Србије. Као и у случају осталих типова које одликују северозападни ваздушни продори, највише дневне падавине су на простору западног дела Србије, а најмање на североистоку, истоку и југоистоку Србије.

Тип_8 изостаје у зиму, док му је учесталост међу највишим у лето са 18,5%, а у јуну са 18,3% је одмах после Типа_1. Одликују га највише просечне дневне падавине од 6,8 mm на годишњем нивоу. Расподела притиска на нивоу мора указује на утицај суптропске области високог притиска чији се гребен у правцу североистока простире преко већег дела европског континента са секундарним максимумом у области севереног дела Британских острва. Оваква ситуација се преноси и у висину, у тропосфери, што утиче на смањење градијента зонално оријентисаног струјања изнад Средње Европе, укључујући и северни део Балканског полуострва. У гребену високог

притиска у тропосфери изохипса од 5,5 km је позиционирана северно од Британских острва на око 60°N. У погледу просечних дневних падавина на годишњем нивоу, веома тешко је уочити постојање било какве правилности у просторној расподели, међутим извесно је да се ради о конвективном генетском типу падавина.

Тип_9 одликује мања учесталост од 1% у току лета, међутим у току јуна има учесталост од 1,5%. У осталим сезонама је подједнако учестао. Представља „више влажан" тип, са просечним дневним падавинама од 7,7 mm у јуну. Над Европом доминира поље ниског притиска са осом долине правца север-југ и секундарним максимумом у западном делу Средоземља. Област ниског притиска се простире између поља високог притиска на истоку и западу домена. У приземљу над Србијом доминира јужно и југозападно струјање којим се транспортују влажне ваздушне масе што објашњава више дневне падавине. Висинска ситуација указује такође на југозападно струјње над Србијом, односно зонална циркулација над европским континентом је у виду таласа велике амплитуде са осом долине правца север-југ средишњим делом континента (на око 10°E). Radinović i Mesinger (1968) описују циркулационе услове представљене Типом_9 као почетно стање у случају бурног развоја циклона у западном Средоземљу у периоду 23-25. октобра 1964. године, а који је имао за последицу „огромне" падавине и поплаве у горњем делу слива Саве. Такође, наводи се да је убрзо после продора хладног ваздуха са севера у западно Средоземље, у склопу долине у приземљу и на висини, чиме је узрокован пад свих изобарских површина у овој области, уследила адвекција топлог ваздуха са Атлантика ка Западној Европи и даље ка истоку. То је условило издизање изобарских површина у овој области и одсецање јужног дела меридијално изражене долине и формирање посебног циклонског система у западном Средоземљу. Иако је ово специфичан случај по брзини формирања и развијеношћу циклона у Средоземљу и његовом утицају на падавине на Балканском полуострву, генерално југозападни продори имају највећи удео у падавинским данима који прелазе 20,0 mm и са преко 30% учествују у укупним годишњим падавинама за Београд (Tošić and Unkašević, 2013). Билић (1978) наглашава да средоземни циклони током априла и маја представљају основни облик циркулације који обезбеђује пролећни максимум падавина, као и секундарни максимум падавина у току јесени у највећем делу Србије. Као што је већ напоменуто Средоземље се истиче као област повећане циклогенезе, при чему се највећи број циклона образује у области

Лигуријског мора и изнад северног дела Италије са центром у Ђеновском заливу, затим у Јадранском мору са центром у северном и јужном делу и Тиренском, Егејском и Црном мору[7] (Radinović, 1965). Проучавајући поднебље ФНР Југославије, Vujević (1953) истиче да су падавине у вези са честином, бројем и добом проласка барометарских депресија које се из западног Средоземља крећу ка истоку. Šegota (1976) истиче да се насупрот разноликости путања, могу издвојити одређене, више или мање дефинисане, ограничене путање којима се креће већина циклона. Једна од путања која је веома значајна за простор Србије је чувена *van Bebber*-ова Vc путања која из северног Јадрана ка истоку води долинама Саве и Дувана. Такође, исти аутор у опису неколико догађаја даје преглед путања депресија које су на простор Србије пристигле са северозапада, запада и југозапада што је дало основно обележје у просторној расподели падавина. Radinović (1981) истиче да се при премештању циклона из западног Средоземља на наше подручје образује циклонални тип времена праћен интензивним и дуготрајним падавинама. Обизиром да се ради о типу циркулације атмосфере са доминантим југозападним струјањем и у приземљу и на висини, највише дневне падавине су добијене на западу и југозападу Србије у прелазним сезонама. У јуну када је учесталост овог типа веома мала, али са највећим падавинским интензитетима, просечне дневне падавине више од 10,0 mm су добијене за Лозницу, Ваљево, Београд, Рудник, Велико Градиште и Вршац. У мају 2014. године на станицама у Западној Србији су премашени дотадашњи дневни падавински рекорди: 15. маја 2014. године је измерено 110,0 mm у Лозници, 108,2 mm у Ваљеву и 109,8 mm у Београду. Tošić et al. (2016) у опису развоја овог догађаја истичу да се систем ниског притиска најпре развио на простору Јадранског мора, продором хладног поларног ваздуха из Средње Европе преко Алпа у басен Медитерана, а затим је уследило његово премештање ка истоку уз јачање на простору Балканског полуострва, са његовим даљим продубљивањем продором хладног ваздуха са севера Европе. У висинској ситуацији је дошло до успостављања самосталне циклонске циркулације, чиме је циклон ушао у последњи стадијум услед прекида дотока хладнијег ваздуха са севера.

[7] Поред поменутих, повећаном циклогенезом се истичу и области Панонске низије и Влашке низије. Међутим, ниједан од типова (укључујући оба просторна домена) не препознаје ове ситуације. Један од разлога може бити кратко трајање циклона који настају у овим областима. Према Radinoviću (1981) од укупног броја осмотрених у 1/3 случајева њихов период активности је мањи од 6 часова, односно осмотрени су у само једном синоптичком термину.

Интензивни процеси унутар циклона су утицали на развијање моћне облачности која је условила обилне падавине.

Тип_10 је заступљен у свим сезонама, при чему је најмање учестао у лето, а највише у пролеће. Генерално припада групи „више влажних" типова, нарочито у летњим месецима – просечне дневне падавине у току лета су 7,4 mm, а у јуну 7,8 mm што је и највише по типовима. Одликује га јако развијен Исландски циклон чија долина се простире према југозападу преко Западне Европе са продирањем у област Медитерана. Србија је под утицајем југозападног струјања у приземљу којим се транспортује влажан ваздух са Атлантског океана у западно Средоземље и даље ка истоку. У склопу висинске зоналне струје над Србијом је присутно југозападно и западно струјање. Најдоминантнија одлика просторне расподеле дневних падавинских интензитета за време овог типа су ниже вредности на северу Србије у односу на остале делове.

Тип_11 изостаје у летњим месецима, али представља један од учесталијих типова у току зиме, са 12,8% по учесталости одмах је иза Типа_2 и Типа_4. Одликују га ниже просечне дневне падавине, односно припада групи „мање влажних" типова. У приземљу је развијена област високог притиска са центром изнад Средње Европе у виду блокирајућег система на овом простору. Гребен високог притиска са осом на око 10°E условљава да у висинској ситуацији изнад Србије доминира северно струјање. Одликује се најнижим вредностима дневних падавина, при чему се највиши падавински интензитети добијају за станице на већим надморским висинама.

Тип_12 представља најучесталији тип у пролеће са 13,9%, док у лето и јесен представља мање заступљен тип, а у зимским месецима изостаје. Између поља ниског притиска на крајњем југоистоку домена и развијеног Исландског циклона на северозападу, на већем делу европског континента доминира област повишеног притиска у приземљу. На југозападу је развијен Азорски антициклон са гребеном у правцу истока и североистока. На североистоку Европе је развијена секундарна област повишеног притиска. У висинској ситуацији изнад већег дела Европе доминира област ослабљеног градијента притиска, односно поље од 500 hPa на висини од 5,5 km, при чему се северно и јужно од њега повећава градијент притиска у скопу гребена на северу тј. долине на југу. Србија је под утицајем западног и северозападног струјања.

Тип_12 припада групи „више влажних” типова, нарочито у току лета када просечне дневне падавине износе 7,2 mm. Тешко је утврдити одређену правилност у просторној расподели дневних падавина за време овог типа, осим што се север Србије одликује нижим вредностима, док су више вредности добијене за станице на већим надморским висинама.

Тип_13 има учесталост мању од 1% у току лета, премда у јуну му је учесталост 1,6%. Најучесталији је у јесен (8,2%). По просечним дневним падавинама је на граници између „више влажних” и „мање влажних” типова. У приземљу га одликује поље високог притиска са центром изнад Британских острва и гребеном северозападно-југоисточног правца чији се утицај преноси дубоко у унутрашњост европског копна обухватајући и простор Србије у коме се манифестује северозападним струјањем. Оваква ситуација у приземљу се преноси на висину у тропосферу, па је изражен гребен високог притиска који се простире од Западне Европе у правцу северозапада све до Гренланда. Изнад Србије је заступљено северозападно и западно струјање. Веће вредности дневних падавина се уочавају на станицама на истоку и југоистоку у односу на остале делове Србије, као и за станице на већим висинама.

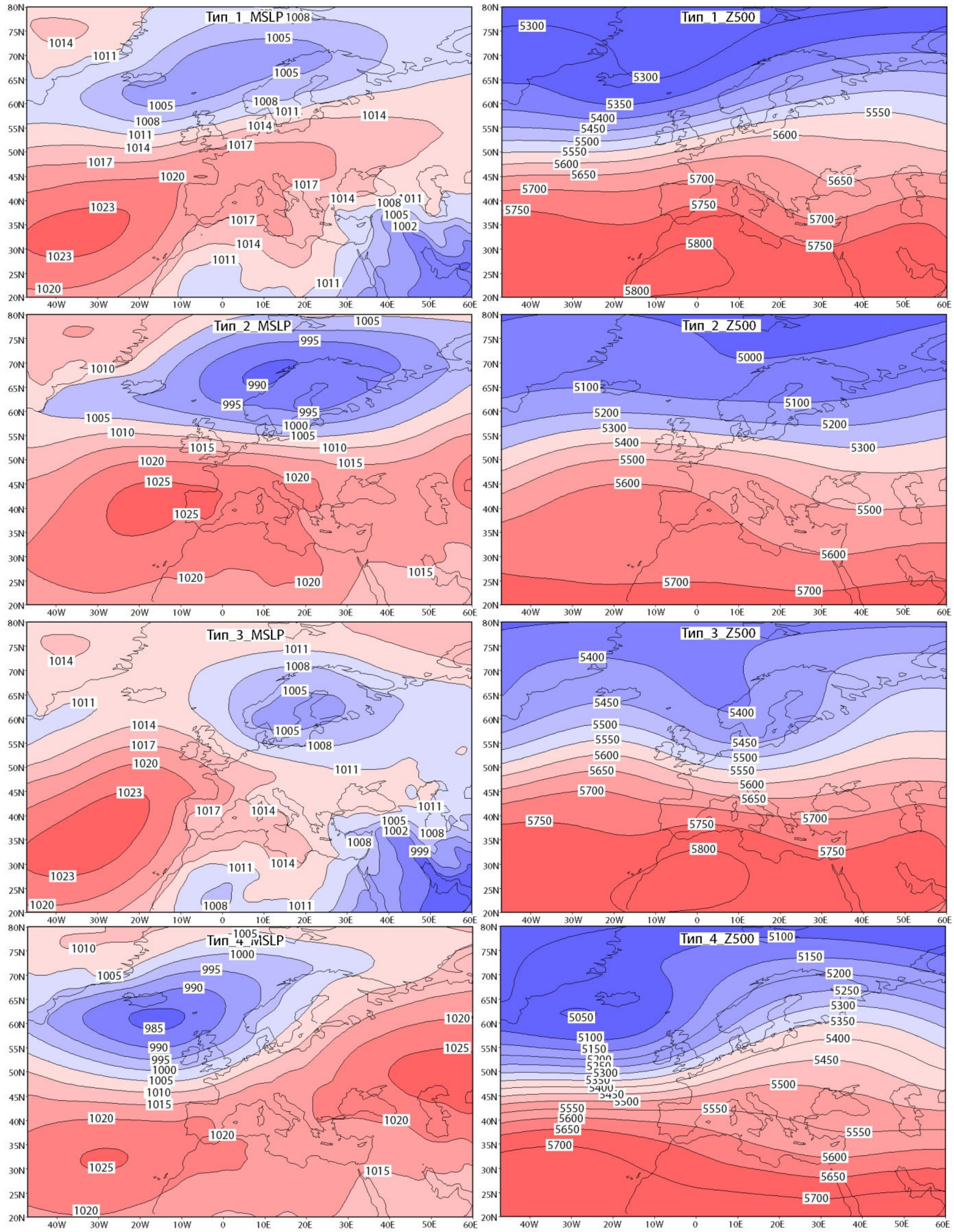
Тип_14 изостаје у току летњих месеци, најучесталији је у току пролећа, а потом у зиму, док је најмање учестао у јесен. Као и Тип_13 на граници је између „више влажних” и „мање влажних” типова, осим у току јесени када припада групи типова са вишим дневним падавинама. Одликује га поље високог притиска у западном делу домена и поље ниског притиска у источном делу домена са највећим градијентима притиска правца запад-исток на простору Средње Европе. Балканско полуострво је под утицајем долине и северозападних струјања. У погледу висинске ситуације, изнад Југоисточне Европе се простире долина која омогућава продор ваздушних маса са севера. Просечне дневне падавине се повећавају од севера ка југу и са повећањем надморске висине.

Тип_15 је заступљен у свим сезонама, при чему је најучесталији у пролеће и припада групи „мање влажних” типова упркос развијеном циклону у приземљу у западном делу Северног Атлантика са доминатним утицајем у виду југозападне струје на простору Западне и Средње Европе. На подручју Србије слаби њен утицај услед утицаја гребена

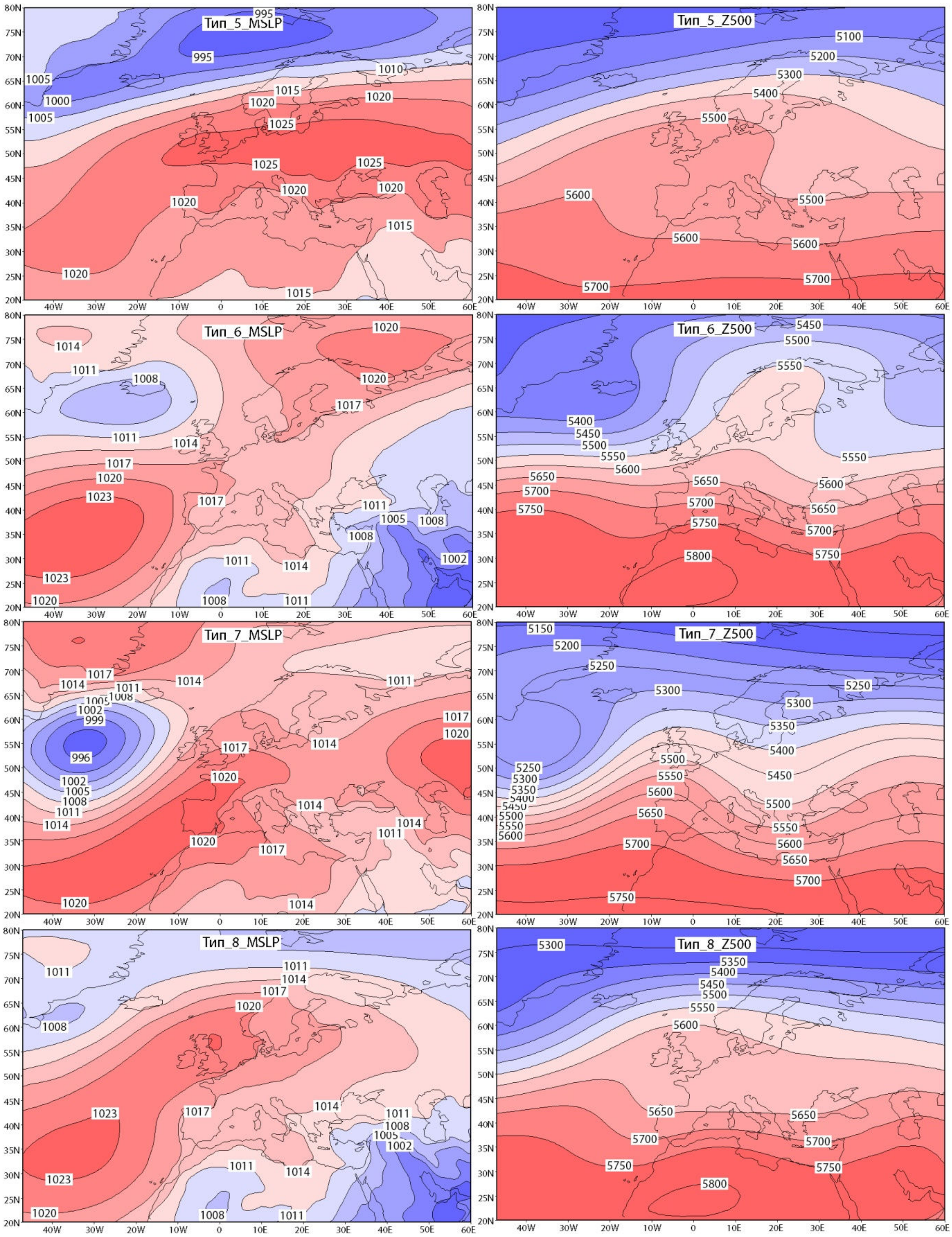
антициклона са истока условљавајући јужно струјање. Приземна расподела притиска се преноси у средњу тропосферу, где је изражена долина са осом на 15°W. Србија је изван утицаја ове долине, односно на простору Балканског полуострва циркулација атмосфере успоставља зонални западни ток. Обзиром на мале дневне падавинске интензитете за време овог типа, тешко је утврдити постојање правилности у њиховој просторној расподели.

Тип_16 представља типичну ситуацију за хладнију половину године када се над већим делом европског континента успоставља поље високог притиска као део Сибирског антициклона са малим градијентом ваздуха и блокирајућим утицајем за овај простор. При оваквим ситуацијама у Србију су доминантна струјања ваздуха из источног квадранта којима се транспортује сув и хладан ваздух. Приземна расподела притиска се преноси и на висинску ситуацију у којој доминира затворено поље притиска изнад Скандинавије и ослабљен градијент притиска изнад већег дела Европе. Такође, у приземној ситуацији увиђа се на простору Средоземног мора затворено поље нижих вредности ваздушног притиска, које може показати активност у условима када гребен Сибирског антициклона на простору већег дела Европе делује блокирајуће за меридијалну размену ваздушних маса (Билић, 1978). Овај тип изостаје у летњим месецима, а најучесталији је у зиму и припада групи „мање влажних” типова. И овај тип одликује мала просторна варијабилност дневних падавина, премда се релативно виши дневни интензитети падавина добијају за станице у источном делу Србије, док у Војводини све станице показују најниже дневне падавине за овај тип.

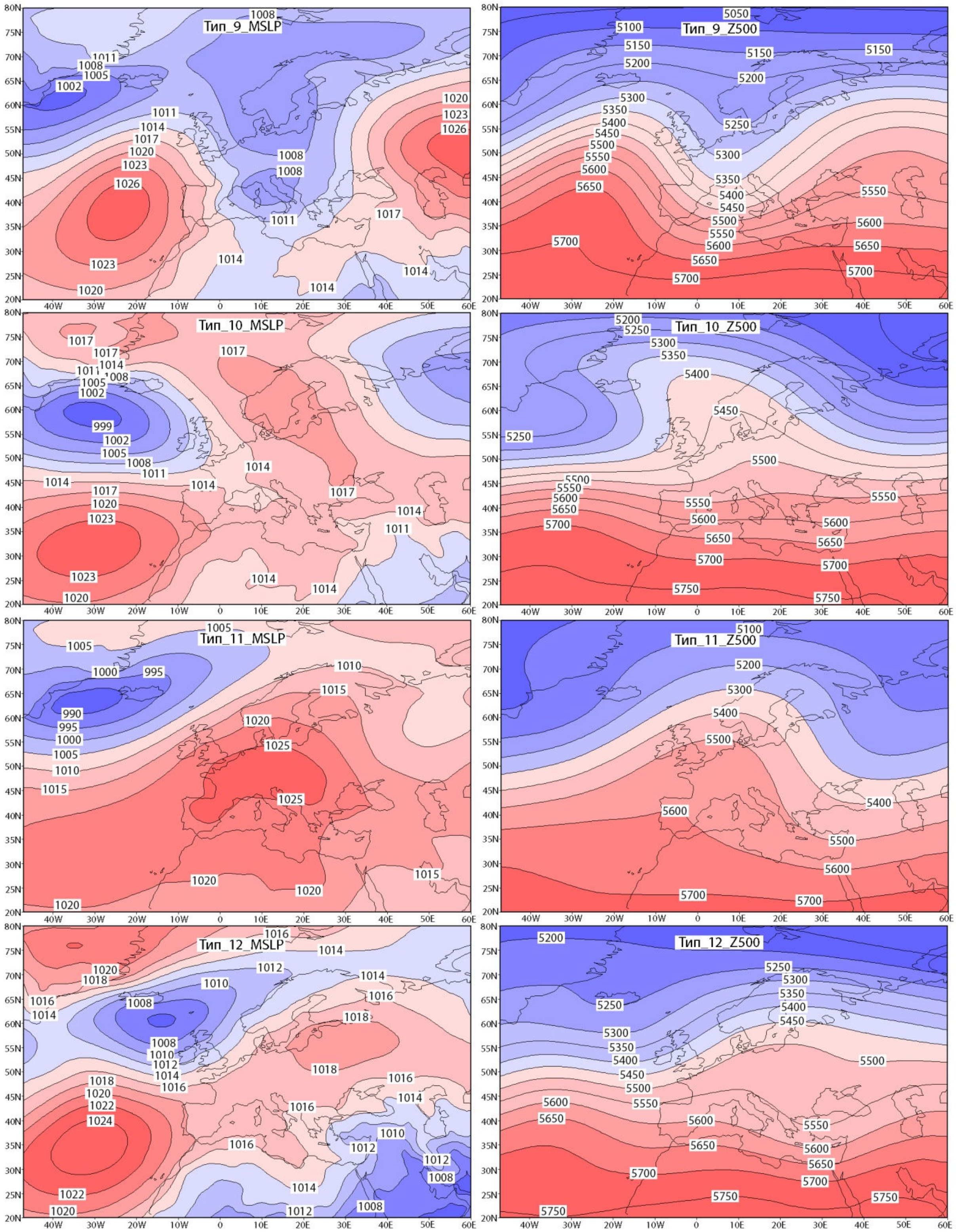
Тип_17 је по годишњој расподели учесталости и просечним дневним падавинама сличан Типу_16. Међутим, одликује га развијено поље ниског притиска у источном делу Северног Атлантика са центром на око 50°N, док се највећи део Европе налази под утицајем поља високог притиска чији се утицај са истока преноси ка западу континента укључујући и простор Србије. Radinović (1981) истиче да се за време оваквих ситуација догађају сушни периоди са дужином знатно преко нормале. Овај тип изостаје у току летњих месеци (као и Тип_16), а најзаступљенији је у зиму и пролеће. Просечне дневне падавине у Србији за време Типа_17 показују малу варијабилност (коефицијент варијације се креће од 0,12 на годишњем нивоу до 0,21 у јесен), па се тешко може говорити о просторном груписању добијених вредности.



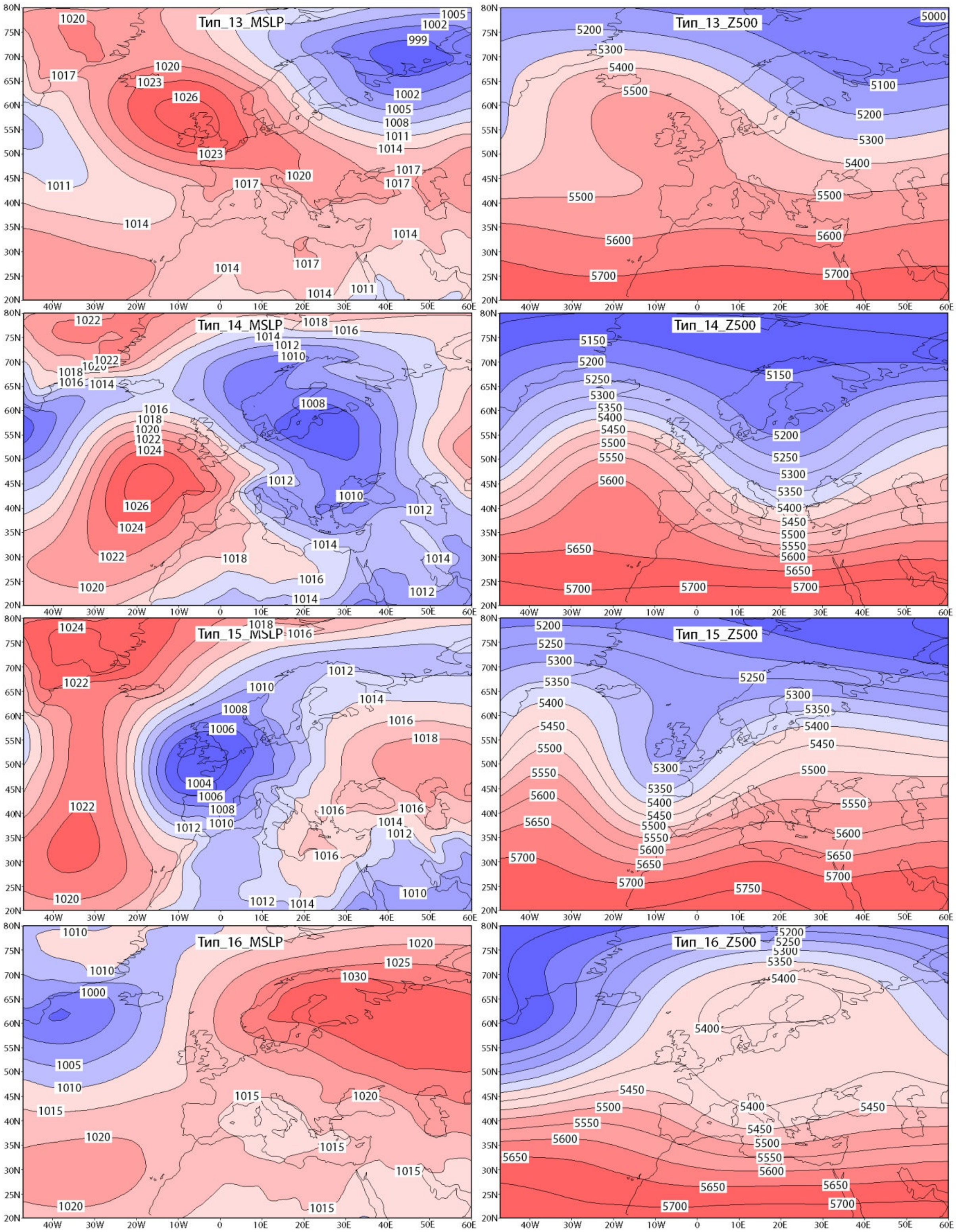
Слика 55. Каталог РКХ17, Типови_1-4, MSLP (mb) и Z500 (m). Извор: *Cost733cat v2.0*



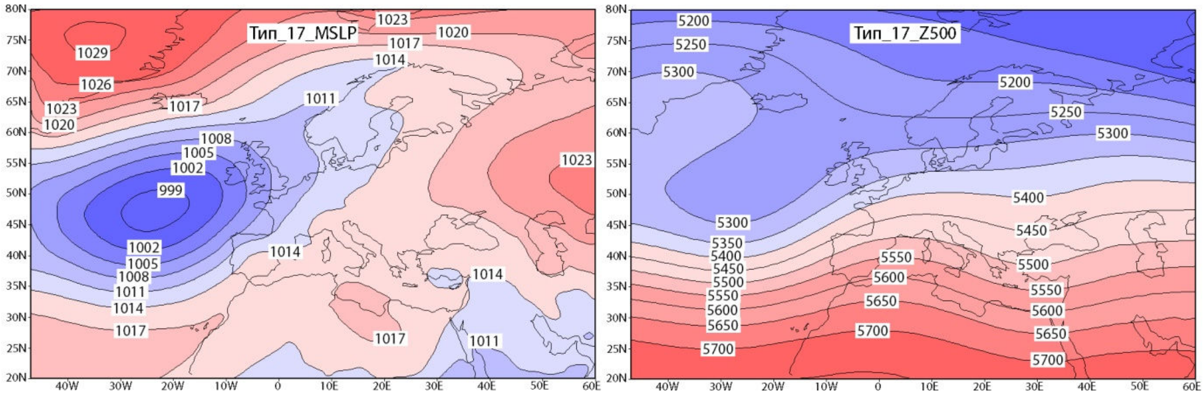
Слика 56. Каталог РКХ17, Типови_5-8, MSLP (mb) и Z500 (m). Извор: *Cost733cat v2.0*



Слика 57. Каталог PKX17, Типови_9-12, MSLP (mb) и Z500 (m). Извор: *Cost733cat v2.0*



Слика 58. Каталог PKX17, Типови_13-16, MSLP (mb) и Z500 (m). Извор: *Cost733cat v2.0*



Слика 59. Каталог PKX17, Тип_17, MSLP (mb) и Z500 (m). Извор: *Cost733cat v2.0*

Одлике типова, каталог PXE18

Резултати за показатеље одлика циркулационих типова у анализи падавина приказани су у табели 11 за каталог PXE18 (домен ЈИ Европа). Према условима влажности који су карактеристични за сваки од типова, и на годишњем и на сезонском нивоу, генерално се издвајају три групе типова „мање влажни” (Тип_3, Тип_4, Тип_5, Тип_9 и Тип_11), „умерено влажни” (Тип_6, Тип_10, Тип_13, Тип_14, Тип_15, Тип_16 и Тип_17) и „више влажни” (Тип_1, Тип_2, Тип_7, Тип_8, Тип_12 и Тип_18) типови. Коефицијент варијације исказан као однос стандардне девијације и средње вредности просечних дневних падавина на станицама у Србији показује мале вредности, као што је то био случај и за каталог PXK17. То говори да посматрано и на мањем домену, атмосферска циркулација је водећи фактор просторне расподеле падавина. Приказ PXK18 типова, дат је на сликама 60-64.

Тип_1 је најучесталији међу типовима на годишњем нивоу са 10,5%. У зиму изостаје, а најучесталији је у лето када је заступљен у 1/3 времена (32,6%), потом у јесен (7,8%) и најмање у пролеће (1.6%). Спада у групу „више влажних” типова. У приземљу га одликује поље високог притиска изнад већег дела домена, укључујући и простор Србије, а које је део гребена Азорског антициклона. Висина геопотенцијалног поља од 500 hPa указује на северозападно струјање изнад Србије, док је изохипса од 5,5 km позиционирана на крајњем северу домена. Просторна расподела ваздушног притиска уз учесталост овог типа у току лета говори о синоптичкој ситуацији која је уобичајена за летње месеце као што је то био случај са Типом_1 (PKX17) за домен Европа. Такође, више просечне дневне падавине (6,3 mm на годишњем нивоу и 6,4 mm у лето) су

резултат генетског типа падавина (конвективне падавине) које су карактеристичне за интезивно загревање и продоре хладнијег маритимног ваздуха са северозапада уз формирање хладног фронта на простору Србије. Премда се за Тип_1 из PKX17 каталога тешко уочава правилност у просторној расподели падавина, у анализи са мањим доменом, а при сличним условима за простор Србије, уочава се да су највиши дневни интензитети падавина добијени за станице у западним (Ваљево 7,8 mm) и југозападним деловима Србије (Нови Пазар 7,6 mm) и на станицама на већим надморским висинама (Копаоник 8,1 mm и Златибор 7,9 mm), а најнижи у северним деловима Србије, посебно за станице са најсевернијом позицијом (Кикинда 4,5 mm, Сомбор и Палић по 4,8 mm). Такође, просечне дневне падавине опадају од запада ка истоку Србије.

Тип_2 по унутаргодишњој расподели учесталости и просечним дневним падавинама прати Тип_1, при чему је са 25,7% у јуну најучесталији тип. У приземљу га такође одликује поље високог притиска у највећем делу домена, али са мањом развијеношћу у односу на Тип_1. На крајњем југозападу се уочава део поља сезонског акционог центра ниског притиска на простору Арабијског полуострва (Карачи или Арабијска депресија). Према приземној расподели притиска би се могло претпоставити да овом типу одговарају циркулациони услови на нивоу целе Европе представљени Типом_3 из PKX17 каталога. Висинска ситуација показује разлику у односу на Тип_1, тј. простор Србије је под утицајем југозападног струјања. Посматрајући вредности на годишњем нивоу, тешко се може говорити о одређеним правилностима у просторној расподели дневних падавина у Србији. У случају лета, када је овај тип најучесталији, а посебно у току јуна, најзначајнија одлика у просторној расподели дневних падавина су ниже дневне падавине у североисточним, источним и југоисточним деловима Србије. Међутим, интересантно је да у јесен овај тип одликују највише вредности стандардне девијације (2,9 mm) дневних падавина на простору Србије, чему значајно доприносе вредности за Књажевац (11,3 mm) и Ниш (17,2 mm).

Тип_3 је најучесталији међу типовима у зиму са 19,9% и у пролеће са 10,7%, а изостаје у летњим месецима. По просечним дневним падавинама спада у групу „мање влажних” типова. Одликује га антициклонско поље са центром у северном делу Балканског полуострва и источном дела Алпа. Оваква поља високог притиска су карактеристична

за планинске системе у току зиме. Ваздушни притисак у централном делу износи 1026 mb. У висинској ситуацији доминира долина на истоку европског континента којом се преносе утицаји са севера и истока на простор Југоисточне Европе. Генерално, за време овог типа просечне дневне падавине имају највише вредности на станицама у источном делу Србије и на станицама на већим надморским висинама, премда се ради о веома малим вредностима које у већини случајева не прелазе 2,0 mm.

Тип_4 по учесталости и просечним дневним падавинама прати Тип_3 − други је по учесталости у току зиме (15,3%), док изостаје у току лета. За разлику од Типа_3 центар антициклонског поља са притиском од 1030 mb се налази на истоку Европе. Утицај овог поља се преноси гребеном ка западу, а на простору Србије се манифестује источним и југоисточним ваздушним продорима. Такође, оваква блокирајућа ситуација за већи део европског континента се преноси и у више слојеве тропосфере, па је над већим делом Европе ослабљен градијент притиска уз утицаје ваздушних маса са севера. Просторна расподела падавина у Србији за време Типа_4 је слична као код Типа_3.

Тип_5 припада групи типова који су заступљени у свим сезонама при чему је учесталији у прелазним сезонама (пролеће и јесен). У приземљу га одликује јако развијено поље ниског притиска са центром на северозападу Европе и изнад Северног мора. Утицај овог баричког система се осећа у Западној и Средњој Европи, док према југу и истоку Европе постепено слаби. Истовремено у југоисточном делу домена се простире поље високог притиска чији гребен обухвата и највећи део Балкана. Изнад већег дела полуострва, укључујући и Србију се може очекивати југозападно струјање. У погледу висинске ситуације, на западу Балканског полуострва је заступљено југозападно струјање које изнад Србије прелази у зонални западни ток. Изохипса од 5,5 km се простире северно од Србије. Упркос струјању са југозападном компонентом и у приземљу и на висини, овај тип припада групи „мање влажних” типова. Чини се да је ово једна од ситуација када је најдоминантнија одлика велико-скалне циркулације у Северно-атлантско-европском сектору јако развијен циклон у источном делу Северног Атантика, што се доводи у везу за продуженим периодом без падавина код нас, о чему је било речи код описа Типа_17 из PKX17 каталога.

Тип_6 је такође заступљен у свим сезонама, при чему је најучесталији међу типовима у јесен са 12,1%. Одликује га поље високог притиска изнад Средње Европе са осом гребена северозападно-југоисточног правца под чијим утицајем је Балканско полуострво. Тада у Србији постоје услови за северно и североисточно струјање. У погледу висинске ситуације, у источном делу домена се уочава талас са долином у зоналној струји при чему се Србија налази на западној страни долине, па је висинско струјање изнад Србије доминантно северозападно. Према висини просечних дневних падавина Тип_6 се налази на прелазу између „мање влажних" и „више влажних" типова. Највише дневне падавине за време овог типа су на простору западног, југозападног и југоисточног дела Србије.

Тип_7 је учесталији у пролеће и лето у односу на јесен и зиму. Спада у типове са највишим просечним дневним падавинама: 7,1 mm на годишњем нивоу, 6,2 mm у пролеће, 7,1 mm у лето, 7,9 mm у јесен, 6,8 mm у зиму и 7,5 mm у јуну. У приземљу га одликује развијено поље ниског притиска са центром северно од Црног Мора. На западу доминира антициклонско поље. Појас између 20°-25°E је у зони сусретања ова два система, са највећим градијентом притиска и изобарама оријентисаним правцем север-југ, што управо говори да је простору Србије фронтална зона повећане нестабилности атмосфере, чиме се могу објаснити више вредности дневних падавина. Такође, треба имати у виду да се приказана расподела ваздушног притиска односи на просек свих ситуација, при чему се може очекивати да је простор Србије под већим или мањим утицајем ових система. У висинској ситуацији код Типа_7 постоји велика сличност са Типом_6, тј. над простором Србије доминира северозападно струјање. За време овог типа се тешко може извести одређена правилност у просторној варијабилности дневних падавина. Један од разлога може бити и то што код високих дневних падавинских интензитета који су карактеристични за овај тип, разлике које постоје међу станицама су резултат деловања већег броја фактора.

Табела 11. Учесталост типова (U, у %), просечне дневне падавине (R, у mm) и стандардна девијација просечних дневних падавина (S у mm) на станицама у Србији за сваки тип циркулације атмосфере, PXE18, домен Европа. (-) тип изостаје; (--) учесталост типа је <1%

		Тип_1	Тип_2	Тип_3	Тип_4	Тип_5	Тип_6	Тип_7	Тип_8	Тип_9	Тип_10	Тип_11	Тип_12	Тип_13	Тип_14	Тип_15	Тип_16	Тип_17	Тип_18
Година	U	10,5	9,3	8,9	7,0	6,3	6,5	5,1	5,5	4,9	5,1	4,9	4,5	4,1	3,9	4,0	3,6	3,5	2,3
	R	6,3	6,0	2,2	2,8	3,3	4,5	7,1	6,2	3,4	4,4	2,8	5,6	4,2	4,4	4,1	4,3	5,1	7,9
	S	1,0	0,7	0,7	0,6	0,6	0,9	1,2	0,7	0,5	0,78	0,89	0,95	0,83	0,75	0,5	0,9	0,7	1,1
Пролеће	U	1,6	3,0	10,7	4,9	7,4	5,0	4,3	9,5	7,8	4,5	4,1	5,7	5,4	5,3	4,5	6,2	4,7	5,2
	R	6,0	4,8	2,4	2,4	3,4	4,0	6,2	5,0	3,6	3,3	2,3	5,6	3,2	4,3	4,1	4,6	5,0	6,9
	S	2,0	1,2	0,9	0,7	0,8	0,9	1,4	0,5	0,6	1,0	0,9	1,2	1,0	0,6	0,6	1,2	0,9	1,1
Лето	U	32,6	29,0	-	-	1,6	5,0	11,2	6,4	1,5	8,1	-	--	--	--	--	--	-	1,6
	R	6,4	6,1	-	-	3,7	4,9	7,2	7,2	4,2	4,9	-	--	--	--	--	--	-	11,1
	S	1,0	0,8	-	-	1,79	1,2	1,4	1,2	1,5	1,2	-	--	--	--	--	--	-	2,9
Јесен	U	7,8	4,9	5,2	8,1	9,5	12,1	3,5	5,1	6,7	6,9	4,4	3,5	4,7	5,8	4,0	4,4	2,1	1,4
	R	5,3	6,1	2,8	4,2	3,6	4,5	7,9	6,9	3,3	4,5	3,5	6,9	5,1	4,6	4,7	4,8	6,8	9,0
	S	1,2	2,9	0,8	1,1	0,8	1,0	1,6	1,1	1,0	0,9	1,3	1,3	1,3	1,2	0,8	1,0	1,1	1,4
Зима	U	-	-	19,9	15,3	6,7	4,0	1,1	--	3,3	1,0	11,3	8,4	6,3	3,6	6,8	3,2	7,1	1,2
	R	-	-	2,0	2,4	2,9	4,7	6,8	--	2,5	3,0	1,8	5,0	4,4	4,0	3,7	3,3	4,7	6,3
	S	-	-	0,6	0,6	0,5	1,0	1,0	--	0,5	1,1	0,9	0,8	1,0	0,9	0,6	0,6	0,6	1,2
Јун	U	16,4	25,7	-	-	3,0	5,8	15,2	11,3	3,8	9,2	-	-	--	1,9	1,4	1,5	--	3,3
	R	6,3	6,0	-	-	3,5	5,7	7,5	7,57	4,2	4,7	-	-	--	5,0	5,3	4,8	--	9,5
	S	1,4	1,1	-	-	1,9	1,9	1,5	1,5	1,5	1,4	-	-	--	1,8	3,6	2,1	--	2,3

Тип_8 изостаје у зиму, док је највише учестао у пролеће, а затим у лето и најмање у јесен. Спада у групу „више влажних” типова, са међу највишим просечним дневним падавинама у лето (7,2 mm у лето, односно 7,6 mm у јуну, по висини падавина одмах иза Типа_18 који се одликује највишим дневним падавинским интензитетима). Одликује га поље високог притиска на западу са гребеном који се простире ка истоку и под чијим утицајем се налази највећи део посматраног домена. У приземљу је доминантно северозападно и северно струјање на простору Србије којим се транспортују маритимне ваздушне масе са Атланског океана. Простор Балкана је у висинској ситуацији под утицајем долине са севера, а обзиром на положај Србије на источној страни долине изнад њеног простора је присутно југозападно струјање. Најупадљивија одлика у просторној варијабиности падавина су највиши дневни падавински интензитети на станицама у западним, централним и југозападним деловима Србије (Ваљево 8,3 mm, Лозница 8,2 mm, Рудник 10,0 mm и Златибор 8,3 mm).

Тип_9 је заступљен у свим сезонама (највише у прелазним сезонама) и припада групи „мање влажних” типова. Одликује га веома развијено поље ниског притиска у западном делу Средоземља, док је на истоку и североистоку Европе развијено поље високог притиска под чијим утицајем се налази и простор Балканског полуострва. Градијент притиска између ова два система је највећи на простору средишњег Медитерана са изобарама оријентисаним у меридијалном правцу. Висина поља од 500 hPa се одликује таласом у зоналној струји. У овом таласу изражен је гребен високог притиска са осом која се простире изнад Балканског полуострва од севера ка југу, што се изнад Србије манифестује југозападним и западним струјањем. Овде се највишим дневним падавинама одликују станице на истоку и југоистоку Србије, премда се ради о нижим вредностима дневних падавина које за свега неколико станица имају вредности веће од 4,0 mm.

Тип_10 је заступљен у свим сезонама, а најучесталији је у току лета (8,1%). Одликује га поље високог притиска на западу домена са гребеном који се простире ка истоку (утицај Азорског антициклона). Простор Балкана је под утицајем струјања из северног квадранта. У погледу висинске ситуације над

Србијом доминира струјање са западном и југозападном компонентом. Изохипса од 5,5 km се највећим делом простире изнад средишњег и источног дела Европе и има правац југозапад-североисток са најјужнијом позицијом на 45°N и најсевернијом на 51°N. Тип_10 спада у групу „мање влажних" типова. Дневне падавине се смањују од севера ка југу, нарочито ка југоистоку Србије.

Тип_11 представља један од учесталијих типова у току зиме са 11,3%, док изостаје у летњим месецима. Један је од типова са најнижим просечним дневним падавинама. У приземљу је развијено поље високог притиска које се протеже са запада ка истоку, где се спаја са такође повишеним пољем високог притиска. Изобара од 1024 mb на простору Србије има оријентацију север-југ стварајући услове за продоре ваздушних маса са севера. У погледу висинске ситуације, већи део домена се налази источно од гребена са северозапад-југоисток оријентисаним изохипсама које се нагло повијају ка југу стварајући могућност за продоре са севера и североистока. Најдоминатнија одлика је повећање падавина са повећањем надморске висине на простору Србије.

Тип_12 изостаје у летњим месецима, најучесталији је у зиму (8,4%), потом у пролеће (5,7%) и најмање у јесен (3,5%). Припада групи „више влажних" типова. У приземљу доминира поље ниског притиска у источном Средоземљу. Северно је поље високог притиска које захвата простор већег дела Европе. На простору Србије преовлађују ваздушни продори из источног квадранта. Циклонегенетска активност на простору источног Средоземља је повезана са вишим дневним падавинским интензитетима у Србији чији простор је под утицајем влажних ваздушних маса са југоистока и истока (Tošić and Unkašević, 2013). Висинска ситуација се одликује израженом долином са осом правца североисток-југозапад на простору целог домена условљавајући продор ваздушних маса са североистока дубоко ка југу. Овакви продори хладног ваздуха на висини појачавају интезитет циклогенетске активности у Средоземљу. Unkašević and Radinović (2000) наводе да у условима када је област ниског притиска развијена у источном Медитерану, са центром циклона у области Црног мора и ниским притиском у висинској ситуацији (500 hPa) могу се очекивати обилније падавине у Београду.

Тип_13 изостаје у току летњих месеци, највећа учесталост му је у зиму (6,3%), а потом у пролеће (5,4%) и најмање у јесен (4,7%). Припада групи „умерено влажних” типова. Међутим, према расподели ваздушног притиска, и у приземљу и на висини, за овај тип би се могле очекивати много више просечне дневне падавине. Одликује га развијено поље ниског притиска чији се утицај са севера преко Централне Европе шири ка југу образујући секундарно поље ниског притиска (са 1008 mb у средишњем делу) које по положају припада Ђеновској циклогенетској области. При оваквим ситуацијама подручје Балкана је у приземљу под утицајем југозападне струје која транспортује влажне ваздушне масе у унутрашњост овог простора. Висинска ситуација потврђује да се ради о типу циркулације атмосфере који је карактеристичан за хладнију половину године – изохипса од 5,5 km у склопу долине са севера заузима најјужнију позицију на око 33°N. Простор Србије се налази на источној страни ове долине и под утицајем је југозападног висинског струјања. Највише дневне падавине су на југозападу Србије, док се ка истоку смањују.

Тип_14 се одликује мањом учесталошћу од 1% у току лета, али са 1,9% учествује у јуну. Учесталији је у прелазним сезонама, него у зиму. Припада групи „умерено влажних” типова. Одликује га поље ниског притиска у централном Средоземљу, а чији се утицај преноси на већи део домена. На простору Србије је заступљено југозападно струјање. Циклонска активност на простору средишњег и западног Средоземља утиче на формирање система ниског притиска чије путање гравитирају ка истоку. Као што је већ било речи, једна од путања прати долине Саве и Дунава као „ваздушних коридора” за преношење маритимних утицаја на простор Србије. У висинској ситуацији такође доминира југозападна струја изнад Србије која је условљена долином на око 10°E којом се хладнији ваздух транспортује преко Алпа у област Медитерана чиме се појачава циклонска активност на овом простору. При оваквим условима би се могле очекивати више просечне падавине, премда се то може оправдати генерално нижим дневним падавинским интезитетима у хладнијој половини године за коју овај тип има највећу учесталост, што би такође могло бити и објашњење за Тип_13. Čadež

(1954) наводи да се при јужним стањима у западном приморском делу Балканског полуострва, због утицаја орографије, а без присуства хладног ваздуха, често појављују падавине. Међутим у Београду, у одсуству хладног ваздуха падавине при јужним стањима се само у незнатној мери појављују. Појава хладног ваздуха је најчешће у вези са северозападним продорима. Просторна расподела падавина за време Типа_14 је као код Типа_13.

Тип_15 по расподели учесталости и висини падавина прати Тип_14. Припада групи „умерено влажних" типова. Средишњим делом Европе доминира поље ниског притиска са долином у меридијалном правцу и секундарним минимумом на простору северног дела Јадранског мора, а под чијим је утицајем цео Балкан, док је на висини доминантан зоналан ток. Највише просечне дневне падавине су на југозападу и југоистоку Србије.

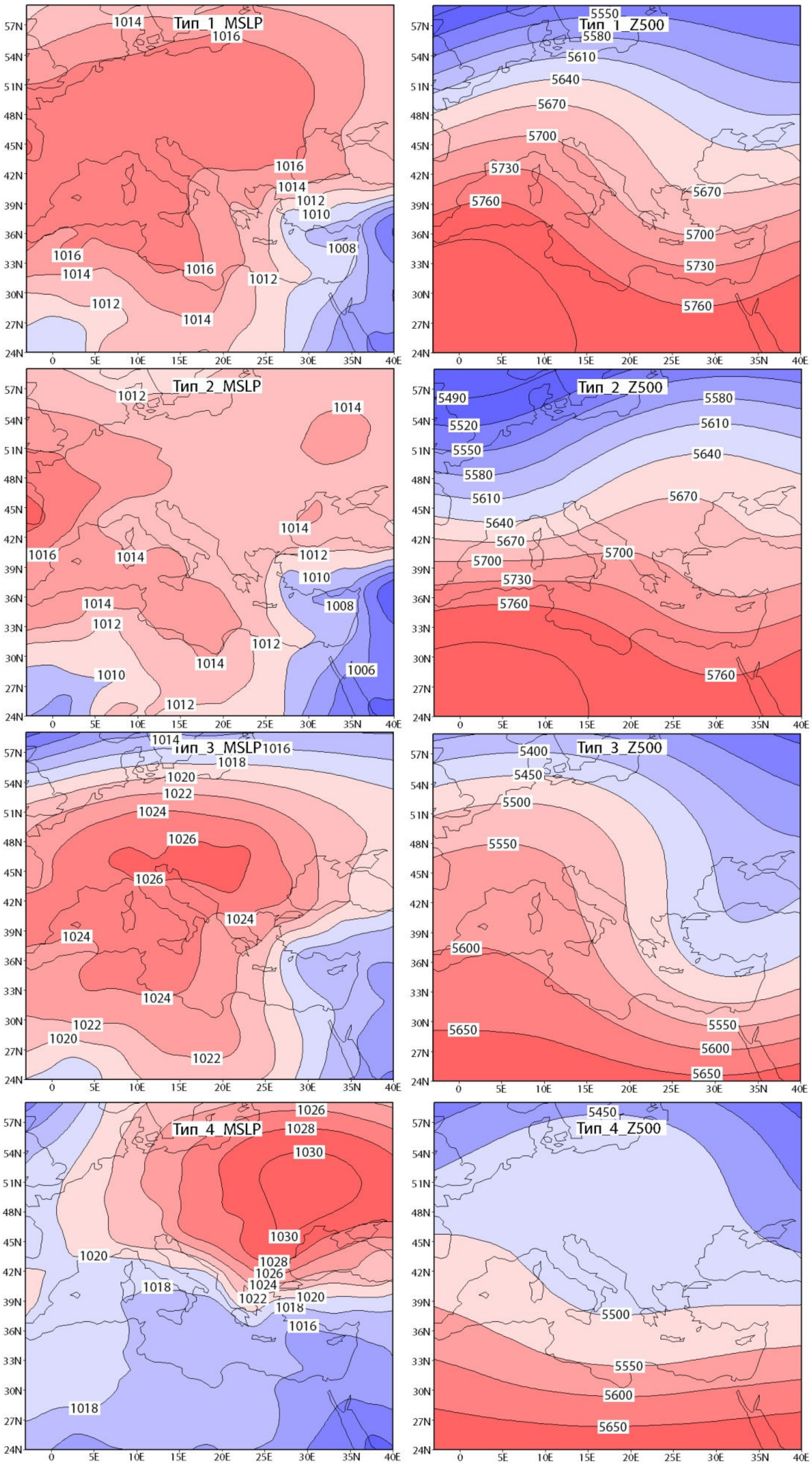
Тип_16 по расподели учесталости прати Тип_14 и Тип_15, са разликом што је учесталији у пролеће него у јесен. Такође припада групи „умерено влажних" типова. Међутим, и у приземљу и на висини га одликује другачија расподела ваздушног притиска. У приземљу, простор Србије је под утицајем поља високог притиска са истока европског континента, а чији утицај се ка западу преноси у виду југоисточних и источних ваздушних продора. Анализа висине геопотенцијалног поља од 500 hPa указује на сличност са Типом_4, односно безградијентно поље ниског притиска доминира над Источном Европом. Количина падавина се смањује од истока ка западу Србије (у јесен дневне падавине износе 7,1 mm у Неготину, док у Лозници 4,4 mm и Ваљеву 3,9 mm).

Тип_17 изостаје у току лета, док му је учесталост највећа у току зиме (7,1%). Припада групи „више влажних" типова, нарочито у јесен са просечним дневним падавинама од 6,8 mm. У приземљу је простор Југоисточне Европе је под утицајем поља ниског притиска чији се утицај са северозапада Европе преноси ка унутрашњости континента. У области источног Медитерана је развијен секундарни минимум притиска. Доминантно циклонски услови доприносе вишим дневним падавинским интензитетима. Висинска ситуација указује на постојање

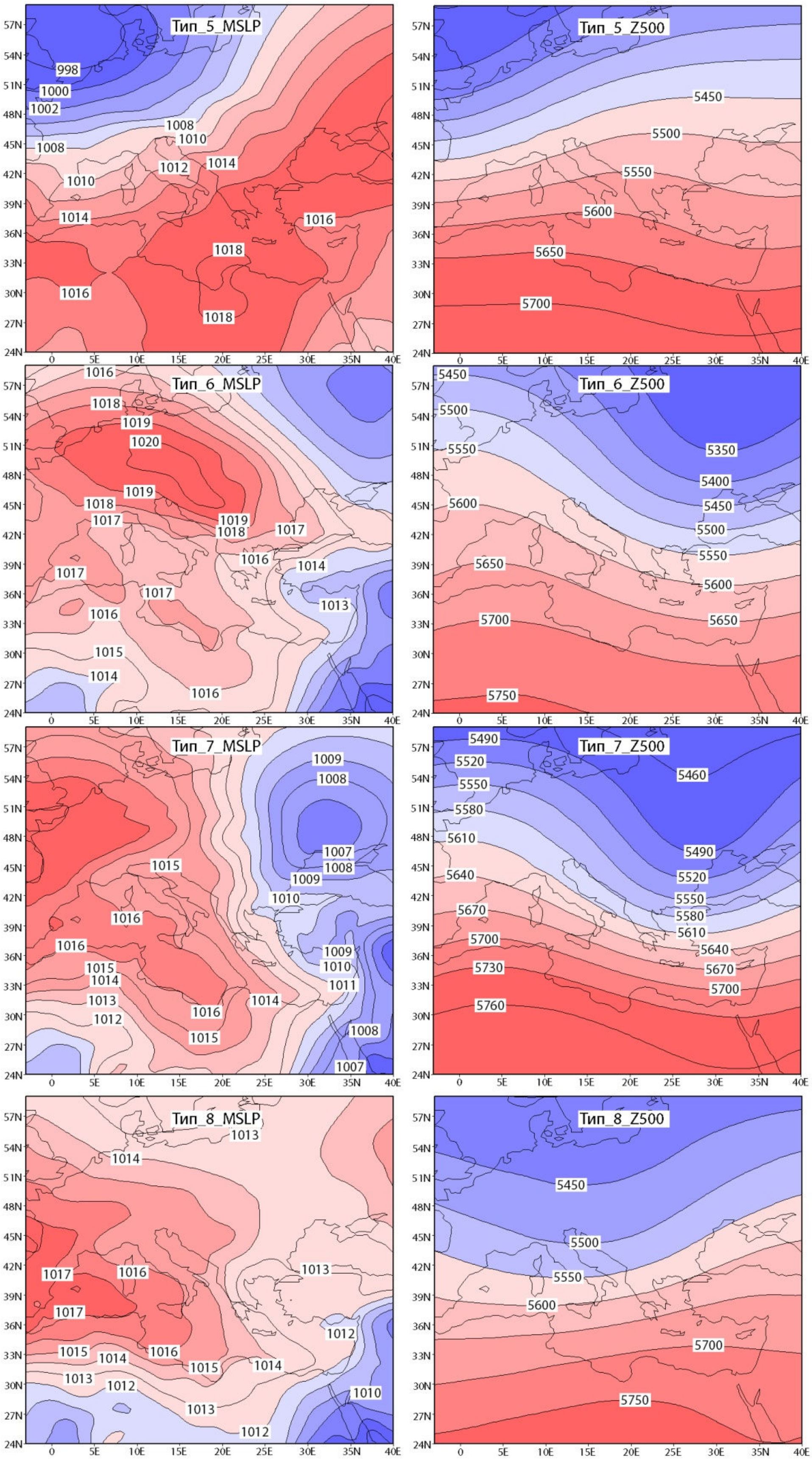
долине са осом правца север-југ на око 20°E што ствара могућност за ваздушне продоре из северног квадранта. По високим дневним падавинама се издвајају станице на простору западне и југозападне Србије (највише дневне падавине у јесен су добијене за Лозницу 9,0 mm, Златибор 10,0 mm, Нови Пазар 8,0 mm и Копаоник 7,6 mm).

Тип_18 је заступљен у свим сезонама у току године, али га одликује релативно мала учесталост. Међутим, одлика овог типа су највише просечне дневне падавине без обзира на део године у коме се јавља. У току лета просечне дневне падавине износе 11,1 mm, а у јуну 9,5 mm. Такође, овај тип одликује и највећа варијабилност станичних вредности просечних дневних падавина. У приземној расподели притиска на нивоу мора развијено је поље ниског притиска изнад Балканског полуострва чији се утицај преноси на већи део домена у свим правцима. Оваква ситуација у приземним слојевима се преноси и у средњу тропосферу, где се изнад Балканског полуострва формира затворено поље ниског притиска што у потпуности објашњава високе вредности дневних падавина. У лето највише просечне дневне падавине су утврђене за Вршац 17,7 mm, Рудник 15,8 mm, Велико Градиште 14,4 mm и Београд 13,6 mm, а најниже дневне падавине су добијене за Сомбор 7,7 mm и Палић 7,3 mm. Окакве ситуације Radinović (1981) описује као циклонска временска стања и то тип „капље хладног ваздуха" (као и у случају Типа_18, CAP18), када у приземљу, а нарочито у средини тропосфере постоји снажна циклонска циркулација, па је присутна јака вертикална компонента дизања ваздуха и буран развој конвективне облачности са пљусковитим падавинама, а лети праћено и непогодама. Као што је то више пута напоменуто, развој оваквих система је појачан продором хладног ваздуха са севера. Уколико се погледају просечне дневне падавине за јесен, станица са највишим вредностима је Неготин (12,2 mm). Tošić et al. (2016) у анализи развоја догађаја у периоду од 15-17. септембра 2014. године истичу да је простор Србије био погођен интезивном циклонском анктивношћу и у приземљу и на висини (слични догађај је претходио у мају исте године), при чему се највише падавина излучило у источном делу Србије када су дневне падавине од 161,3 mm измерене 16. септембара 2014. године у Неготину.

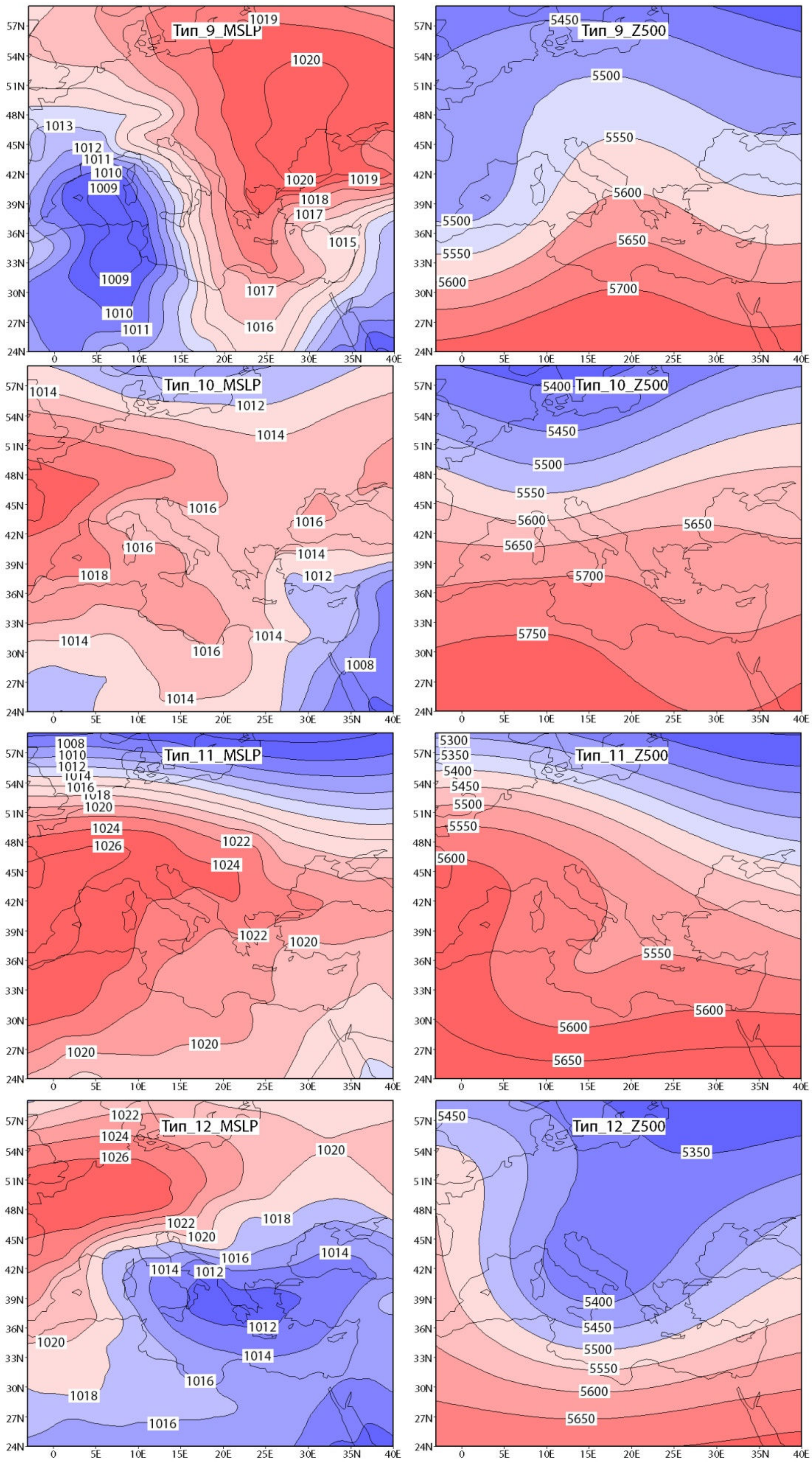
У погледу разлике између два каталога, односно два простора домена, може се извести неколико закључака. Приближан број типова за оба каталога омогућава релативно добру стратификацију различитих падавинских догађаја условљених циркулационим условима, при чему се са мањим просторним доменом повећава детаљност, односно „изоштрава” слика о утицају велико-скалне циркулације на развој временских догађаја, у овом случају падавина на простору Србије.



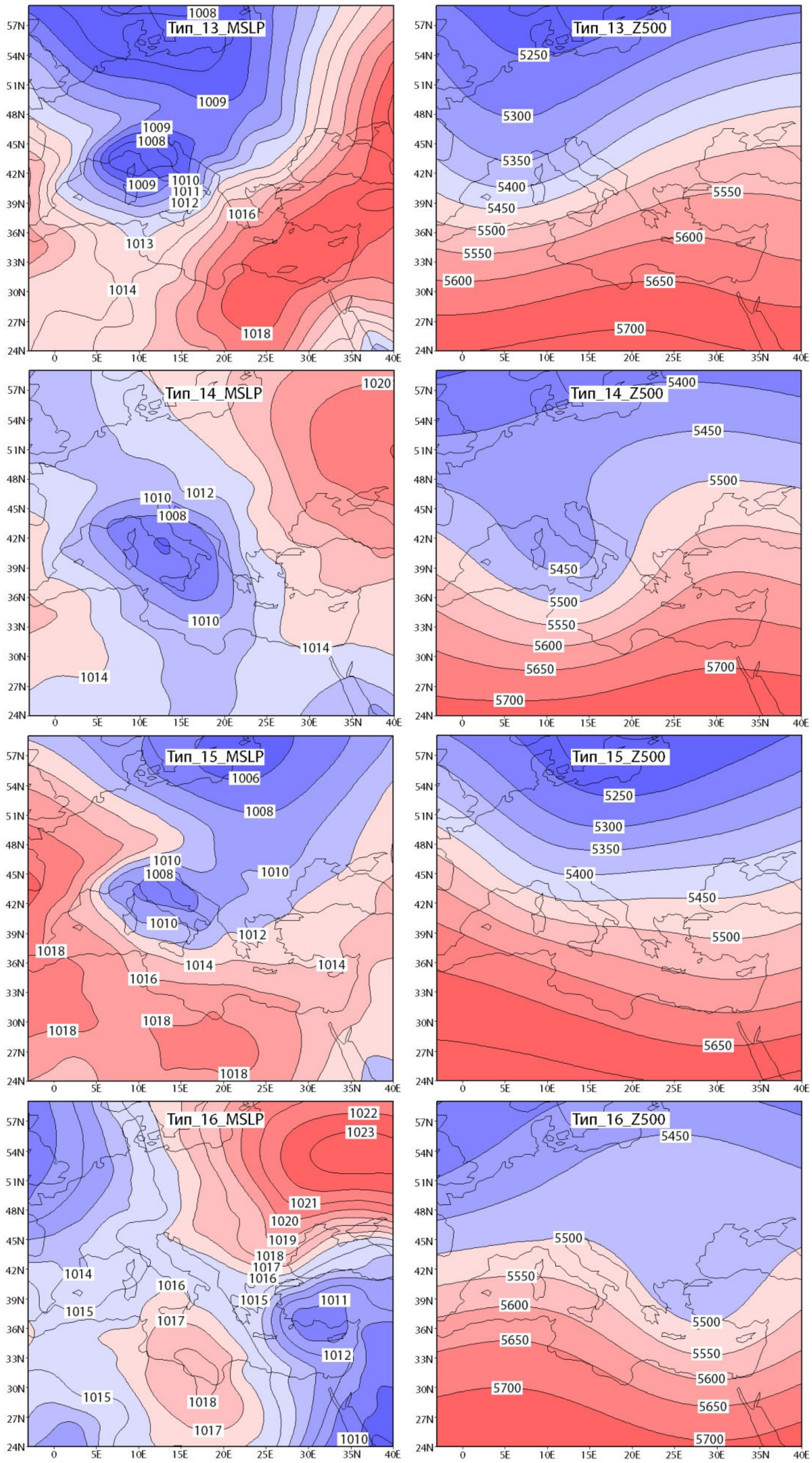
Слика 60. Каталог PXE18, Типови_1-4, MSLP (mb) и Z500 (m). Извор *Cost733cat v2.0*



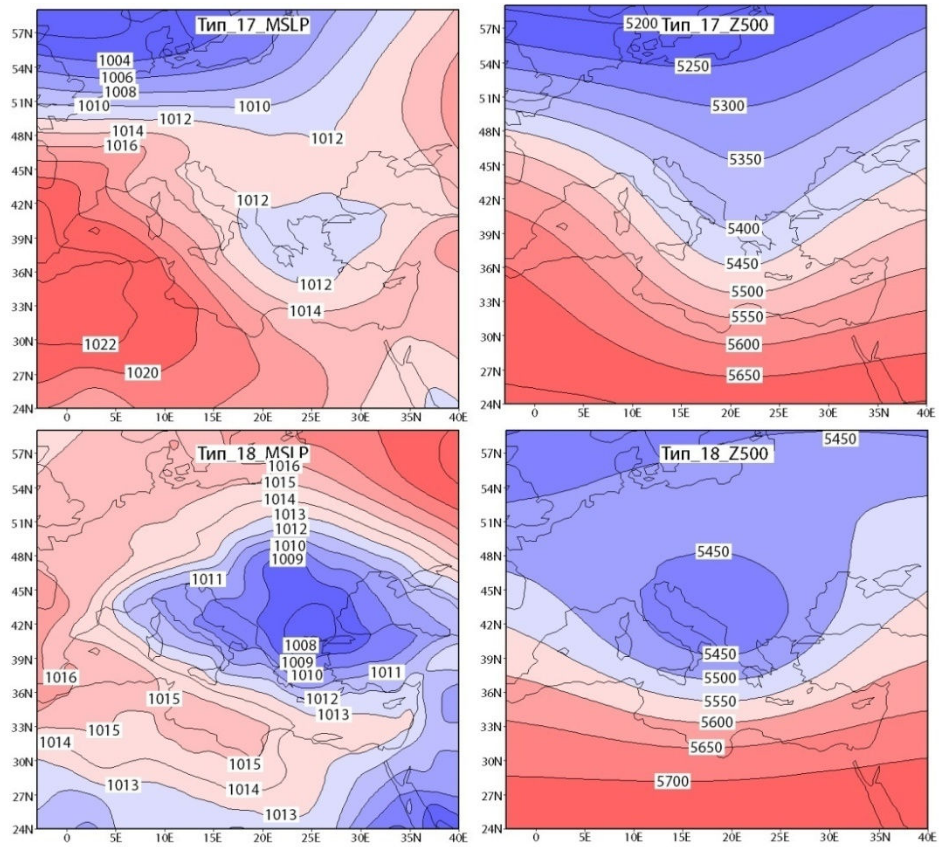
Слика 61. Каталог PXE18, Типови_5-8, MSLP (mb) и Z500 (m). Извор: *Cost733cat v2.0*



Слика 62. Каталог PXE18, Типови_9-12, MSLP (mb) и Z500 (m). Извор *Cost733cat v2.0*



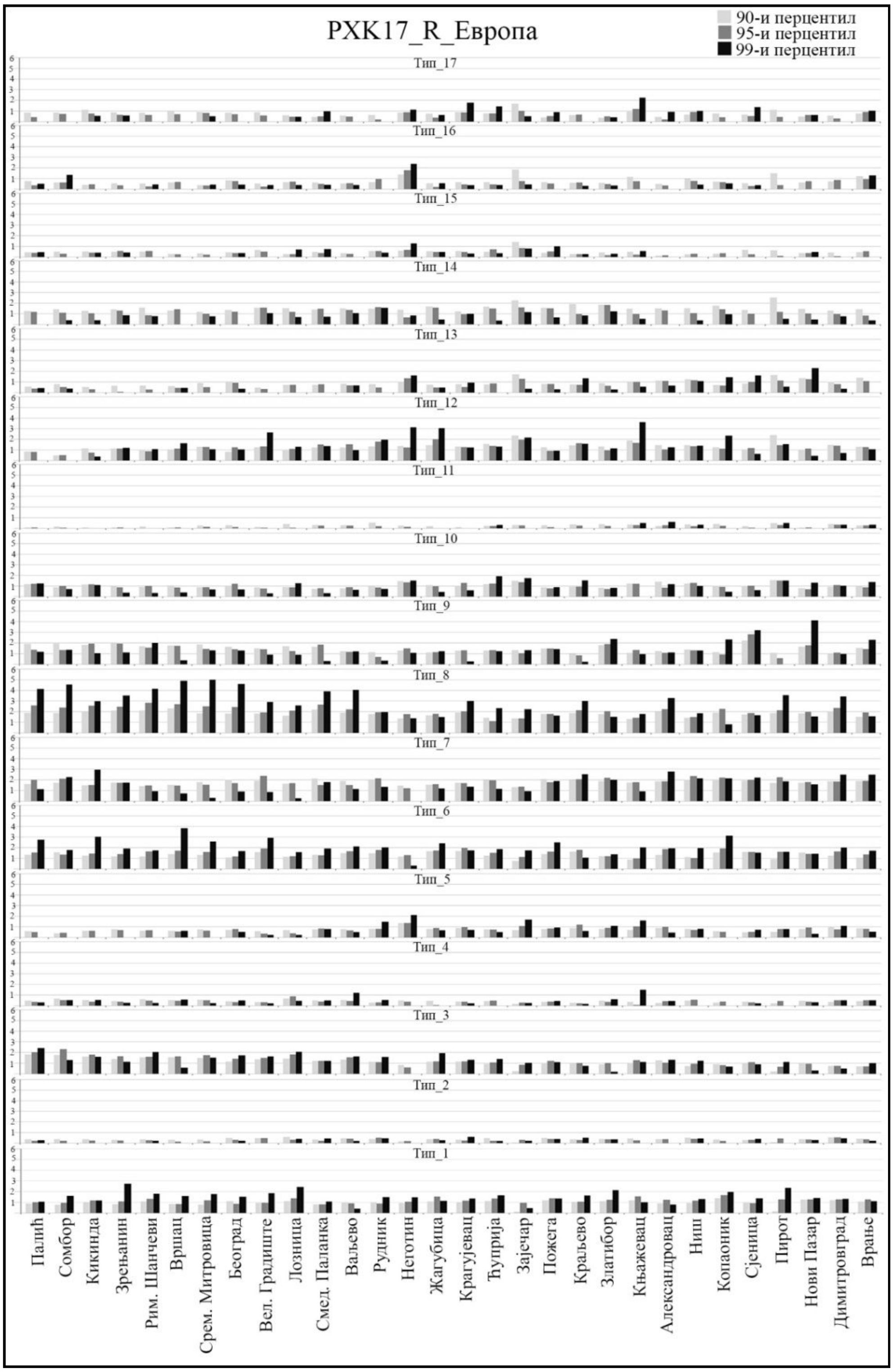
Слика 63. Каталог PXE18, Типови_13-16, MSLP (mb) и Z500 (m). Извор: *Cost733cat v2.0*



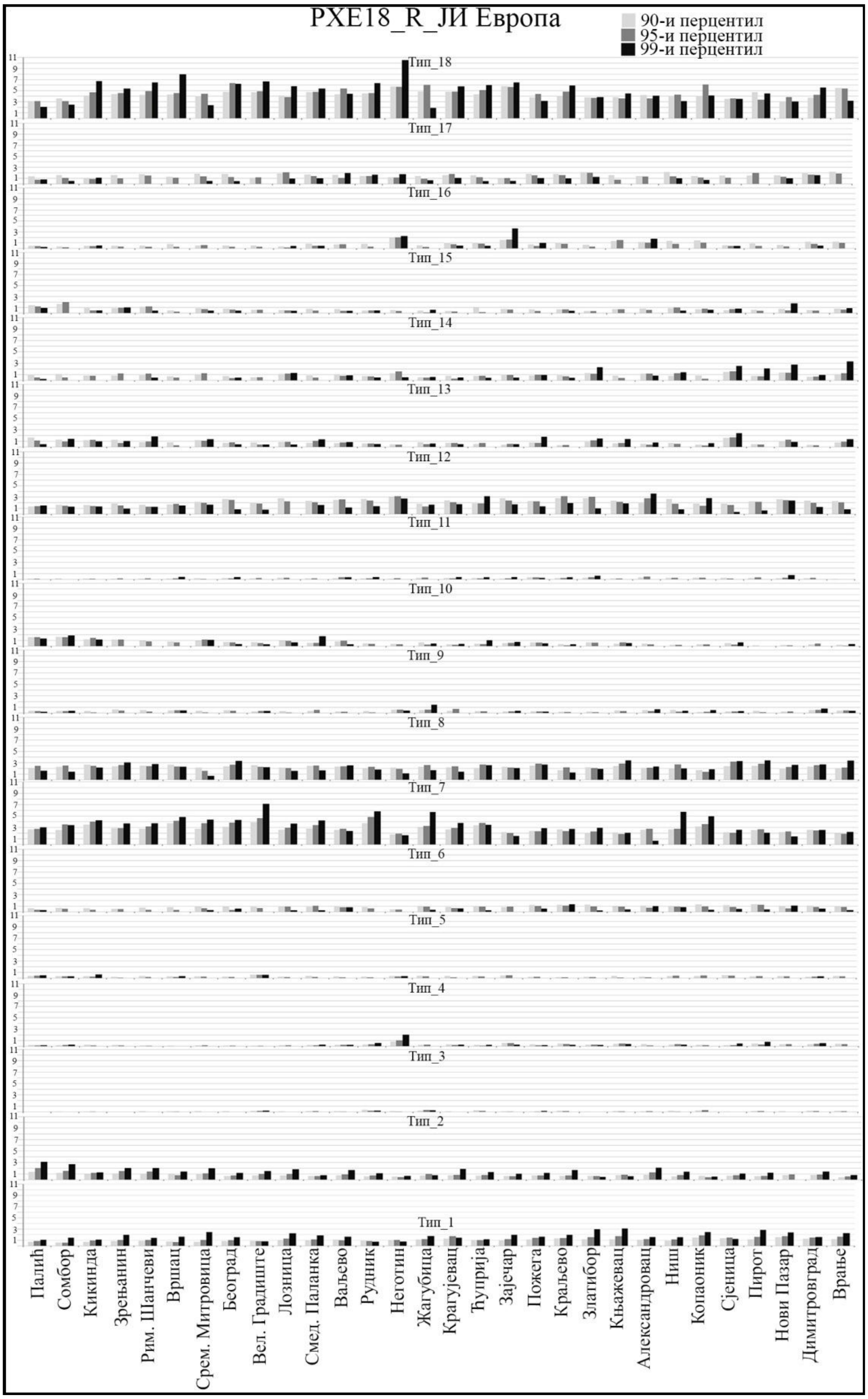
Слика 64. Каталог PXE18, Типови_17-18, MSLP (mb) и Z500 (m). Извор: *Cost733cat v2.0*

6.4. Падавински екстреми

Израчунат је коефицијент ефективности (E) циркулационих типова за екстремне падавинске догађаје. Екстремни падавински догађаји дефинисани су дневним падавинским интезитетима изнад три прага: 90-ог, 95-ог и 99-ог перцентила емпиријске расподеле дневних падавина у анализираном периоду. Добијене вредности коефицијента ефективности су приказане на сликама 65 (каталог PXK17) и 66 (каталог PXE18). Генерално, уочава се да типови за време којих су израчунате највише просечне дневне падавине имају највише вредности коефицијента ефективности потврђујући способност коришћених типологија за стратификацију падавинских догађаја на простору Србије. У случају каталога PXK17, домен Европа, највиши коефицијенти ефективности за падавине на станицама у Србији су добијени за Тип_8, а потом и Тип_7, Тип_6, Тип_3, Тип_ 1 и Тип_12. У случају каталога PXE18 доминантан по вредностима E је Тип_18, а затим Тип_7, Тип_8, Тип_12 и Тип_1 и Типа_2.



Слика 65. Коефицијенти ефективности за R, PXK17, домен Европа.



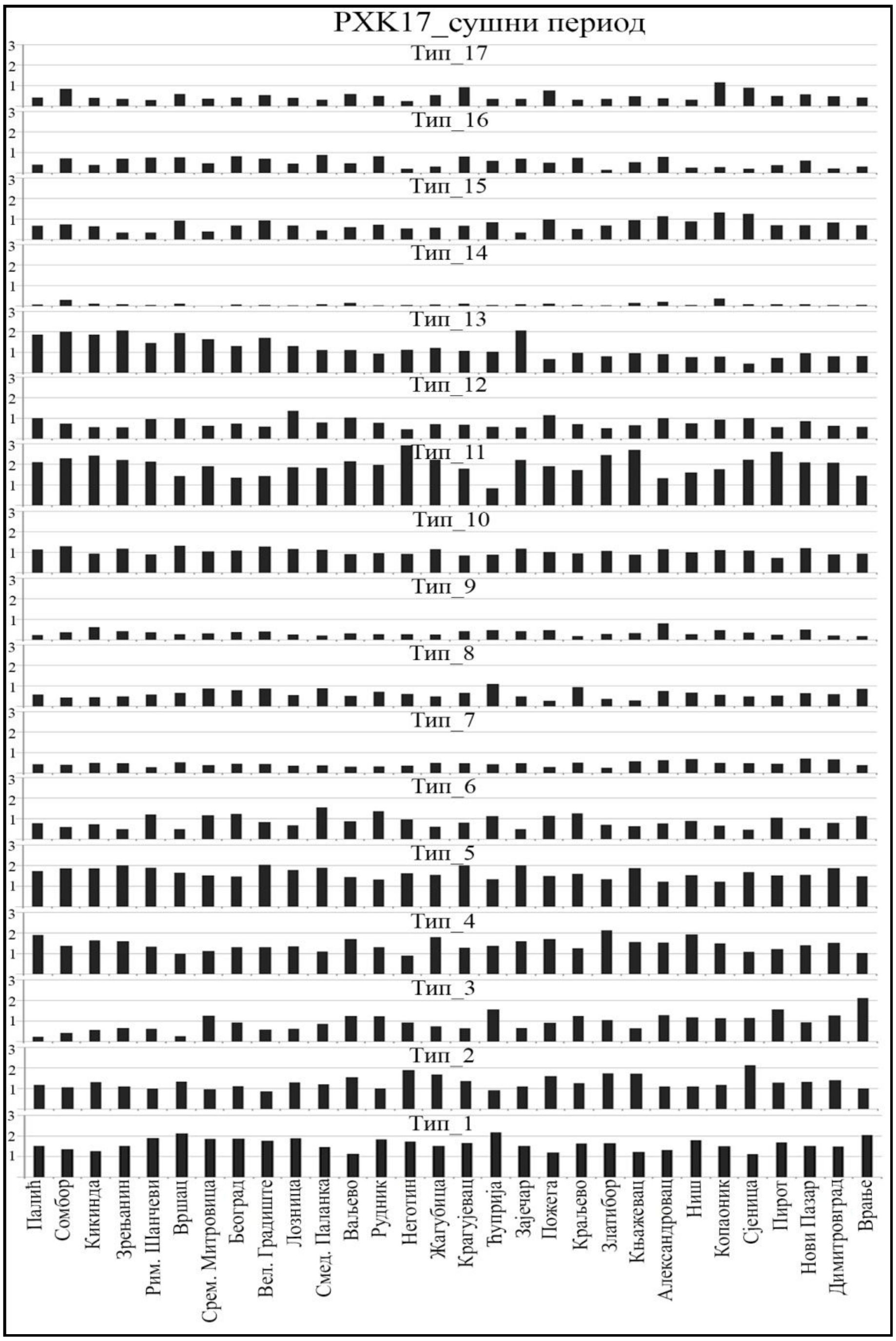
Слика 66. Коефицијенти ефективности за R, РХЕ18, домен ЈИ Европа.

Више вредности коефицијента ефективности показују и већу просторну варијабилност по станицама у Србији чиме се истиче и значај других фактора (нпр. орографија, локалне особености) на добијене вредности. Такође, анализа са мањим просторним доменом јасније одређује типове повољне за екстремно високе вредности дневних падавина.

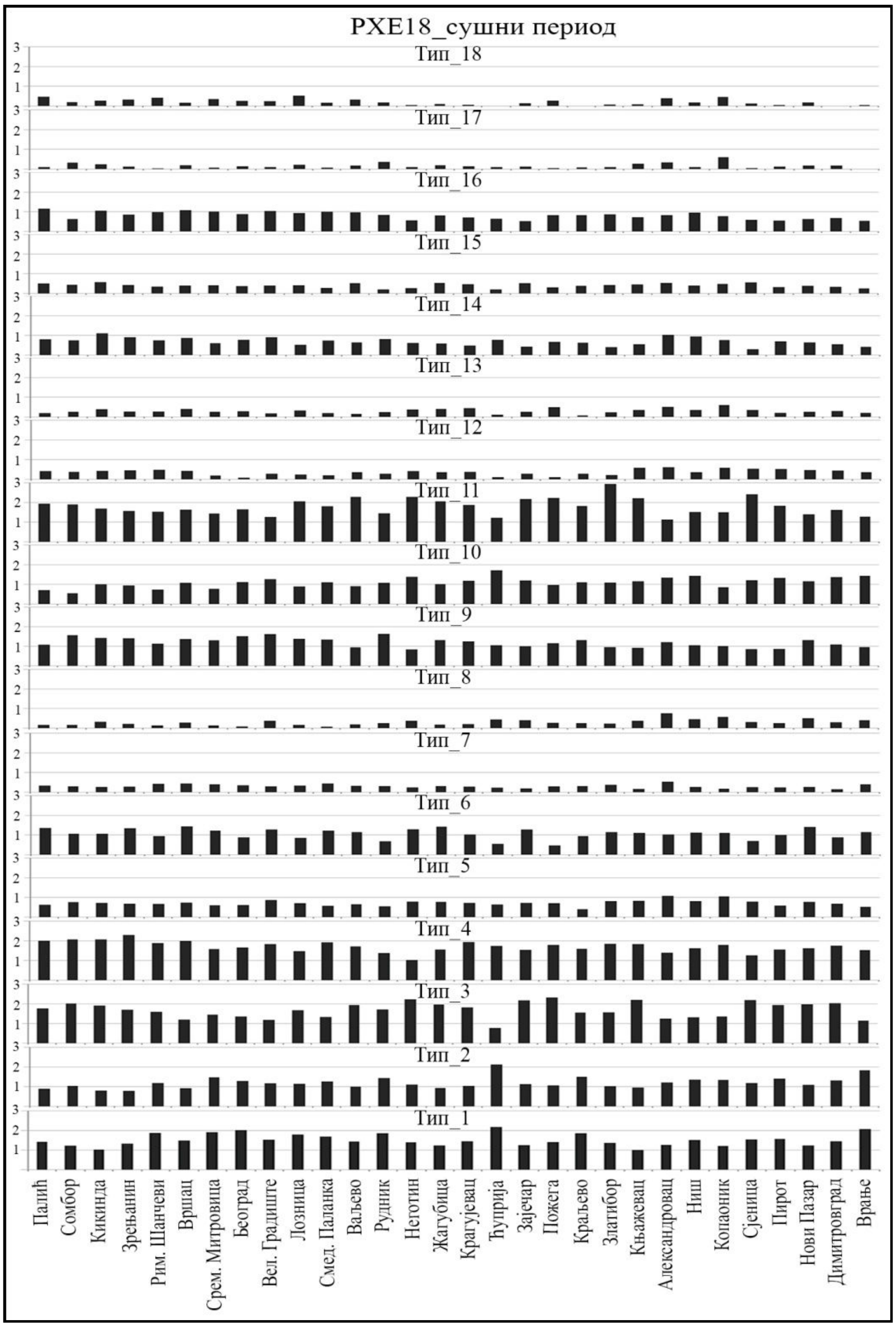
Уколико се издвоје прва три догађаја са највишим вредностима дневних падавина на свим станицама у анализираном периоду, добија се податак да у 83,3% случајева у овим догађајима учествују Тип_8 (28,9%), Тип_6 (21,1%), Тип_1 (15,6%), Тип_12 (10,0%) и Тип_3 (7,8%) у случају каталога PXK17. Када је реч о каталогу PXE18, такође у 83,3% случајева учествују Тип_8 (25,6%), Тип_6 (24,4%), Тип_7 (12,2%), Тип_10 (12,2%) и Тип_18 (8,9%).

У циљу издвајања типова који показују највећу ефективност за периоде без падавина, тј за сушне периоде, издвојени су у току сваке године најдужи периоди без падавина и израчунат коефицијент ефективности циркулационих типова у овим догађајима. Резултати су приказани на сликама 67 и 68.

Највише вредности коефицијента ефективности, односно вредности веће од 1, су добијене за Тип_11, а потом и Тип_5, Тип_4 и Тип_1 за каталог PXK17, односно за Тип_11, Тип_4, Тип_3 и Тип_1 за каталог PXE18. У случају оба каталога, приметно је да Тип_1 има висок коефицијент ефективности и за екстремно влажне и за сушне догађаје. Управо се ради о типу циркулације атмосфере заступљеном у току лета, односно генетском типу падавина који је за њих карактеристичан, о чему је већ било речи. Остали типови који имају високу ефективност за сушне периоде се одликују нижим вредностима просечних дневних падавина.



Слика 67. Коефицијенти ефективности типова у периодима без падавина, РХК17, домен Европа.



Слика 68. Коефицијенти ефективности типова у периодима без падавина, РХЕ18, домен ЈИ Европа.

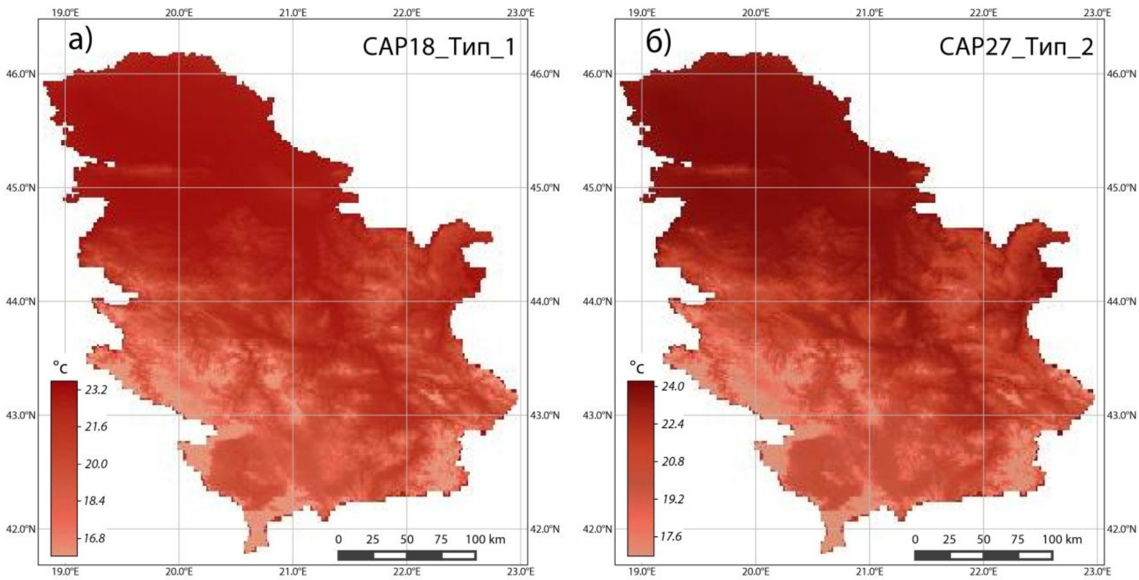
7. ПРОСТОРНА РАСПОДЕЛА ТЕМПЕРАТУРА ВАЗДУХА И ПАДАВИНА ПРИ ОДРЕЂЕНИМ ЦИРКУЛАЦИОНИМ ТИПОВИМА

У овом делу истраживања је дат приказ просторних расподела дневних температура ваздуха и падавина у Србији за одабране циркулационе типове. У одабиру типова су биле пресудне особености циркулације атмосфере које представљају, али и специфичности у просторној расподели посматраних климатских елемената, а на основу већ приказаних тумачења у поглављу 6. Модел на основу кога су добијене просторне предикције је геостатистичка метода регресиони кригинг (одељак 3.8.). У већини случајева коефицијент детерминације има више вредности од 0,85, што се сматра прихватљивим за ову методу интерполације (Hengl and Conrad, 2010). Кригинг варијанса, као показатељ оцене успешности урађене просторне предикције, за највећи број типова достиже највише вредности за простор Косова и Метохије, нарочито за падавине, што се може објаснити и недостатком података за овај простор, а у случају падавина и значајно сложенијим природним механизмом који утиче на њихову расподелу.

7.1. Дневне температуре ваздуха

У овом истраживању циркулација атмосфере је основни предиктор за добијене вредности дневних температура ваздуха. Утицај орографије, односно надморске висине је водећи фактор у просторној расподели овог климатског елемента у Србији. Сезонски карактер је изразита одлика унутаргодишње расподеле температура ваздуха у умереним географским ширинама којима припада Србија. У анализи просторне расподеле дневних температура ваздуха разматран је и утицај географске ширине и дужине. У највећем броју су приказане дневне температуре ваздуха за типове из CAP18 каталога, обзиром да се код каталога са мањим бројем типова (KRZ9) добија доста уопштена представа о циркулационим условима, док је код каталога са већим бројем типова (CAP27) присутно доста понављања сличних догађаја.

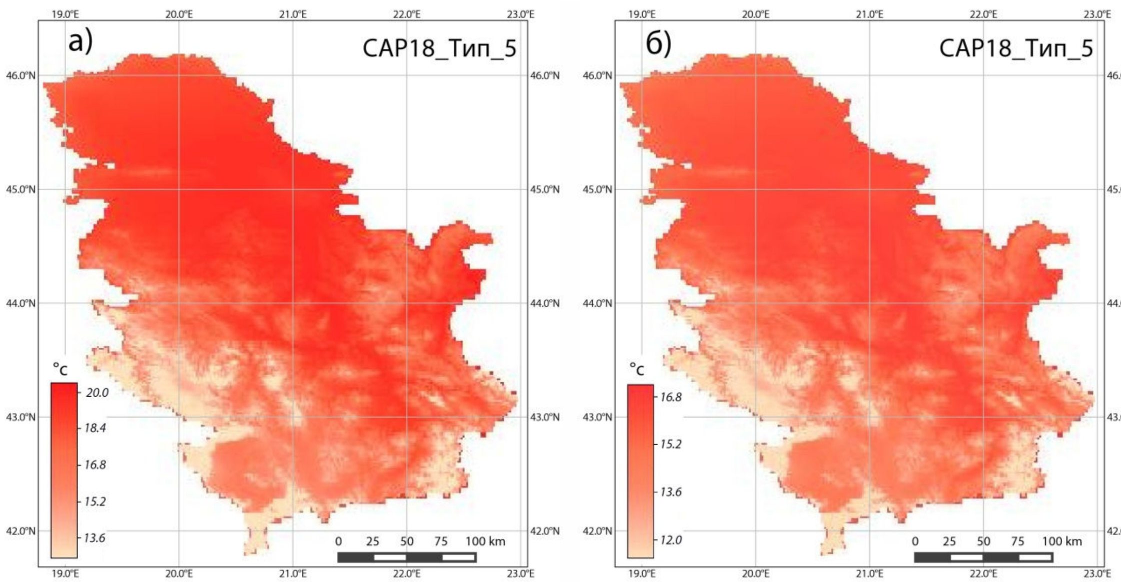
За лето су добијене највише вредности дневних температура ваздуха. Просечна дневна температура ваздуха у Србији у лето износи 19,5°C. Типови који показују највишу учесталост у лето су Тип_7 и Тип_8 из KRZ9, односно Тип_1, Тип_2, Тип_3 из CAP18 и CAP27 каталога. Све њих одликују антициклонски услови, односно већи део Европе је под утицајем гребена Азорског антициклона са стабилним временом и интензивним загревањем. На слици 69 је приказана расподела дневних температура ваздуха у лето за Тип_1 из CAP18 каталога (слика 69а) и у јулу за Тип_2 из CAP27 каталога (слика 69б). Главна одлика у просторној расподели температура је да са порастом надморске висине температура ваздуха опада, при чему се вредности крећу од ~16,0°C до ~ 24,0°C.



Слика 69. Просечна дневна температура ваздуха (°C) у Србији: а) лето CAP18 Тип_1 и б) јул CAP27 Тип_2.

Продор топлог ваздуха из јужног квадранта је у вези са температурама ваздуха изнад просека у свим сезонама. Просечне дневне температуре ваздуха за време Типа_5 из CAP18 каталога, кога управо одликује продор ваздуха са југозапада, крећу се од ~ 13,0°C до ~ 20,0°C у пролеће (слика 70а), односно од ~ 12,0°C до ~ 17,0°C у јесен (слика 70б). Приказане температуре су изнад просека за пролеће тј. јесен: просечна дневна температура ваздуха у Србији у пролеће износи 10,4 °C, односно 10,6°C у јесен. За време Типа_8 (CAP18), који је по расподели ваздушног притиска сличан Типу_5, дневне температуре ваздуха су такође изнад просека; у

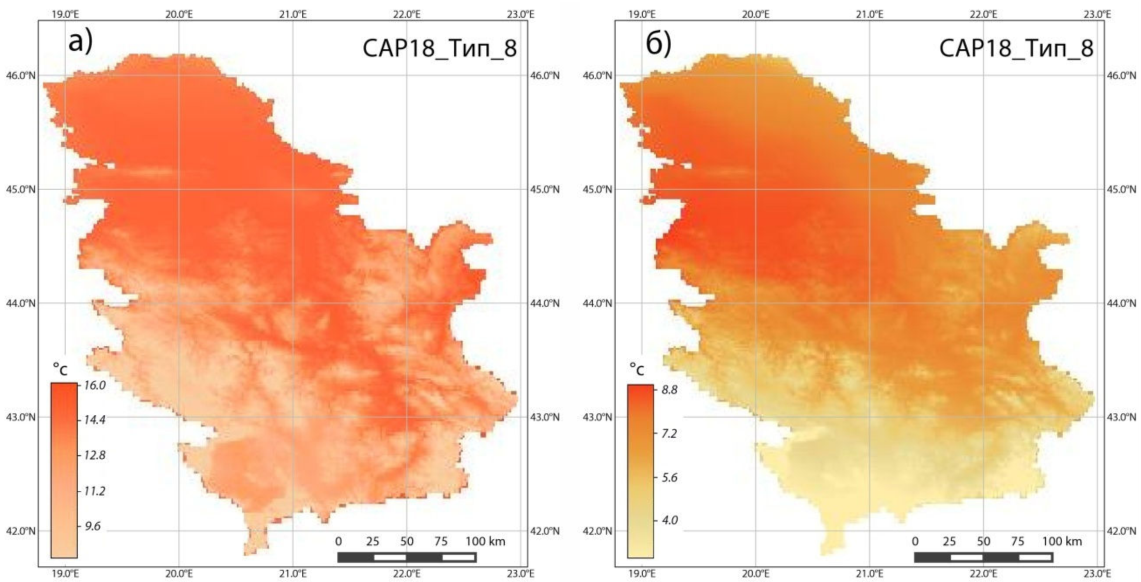
пролеће се крећу од ~ 8,0°C до 16,0°C (слика 71а), док у зиму од ~ 3,0°C до ~ 9,0°C (слика 71б). Занимљиво је да у зиму, поред општег тренда да температуре опадају са порастом надморске висине, више вредности се уочавају у западним и северозападним деловима Србије, што се може довести у везу са путањама ваздушних маса које се из западног Средоземља премештају ка истоку, при чему једна од путања води долинама Саве и Дунава. То потврђује и расподела дневних температура ваздуха за време Типа_11 (CAP18), а кога у погледу циркулационих услова одликује развијеност Ђеновског циклона и његов доминантан утицај на цео посматрани просторни домен. Просечне дневне температуре ваздуха у зиму за време овог типа се крећу од ~3,0°C до ~ 7,0°C (слика 72 а), односно од ~ 4,0 °C до ~ 7,0°C у јануару (слика 72б).



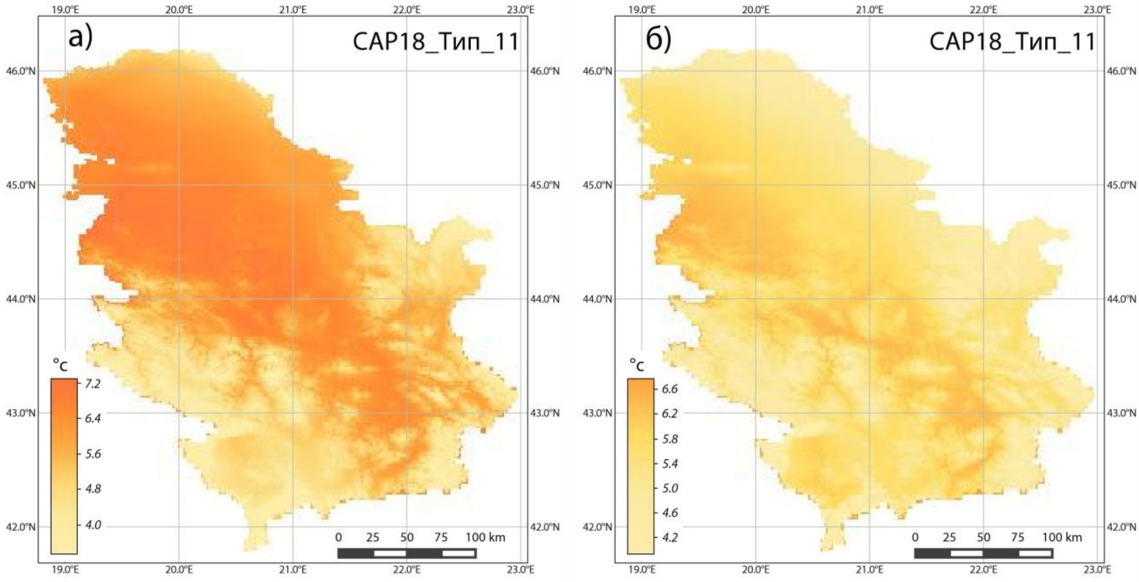
Слика 70. Просечна дневна температура ваздуха (°C) у Србији: а) пролеће CAP18 Тип_5 и б) јесен CAP18 Тип_5.

У току зиме, антициклони термичког порекла, уз продоре хладног ваздуха са севера и истока Европе, доносе негативне температуре ваздуха на простору целе Србије. Просечне дневне температуре ваздуха за време Типа_14 (CAP18) су испод 0°C, при чему достижу и до -5,0°C у планинским пределима (слика 73а). Овај тип одликује антициклон са средиштем у Панонској низији и притиском у централним деловима већим од 1032 mb. Овакви системи високог притиска се образују после продора хладног ваздуха са истока на наше подручје. Систем високог притиска

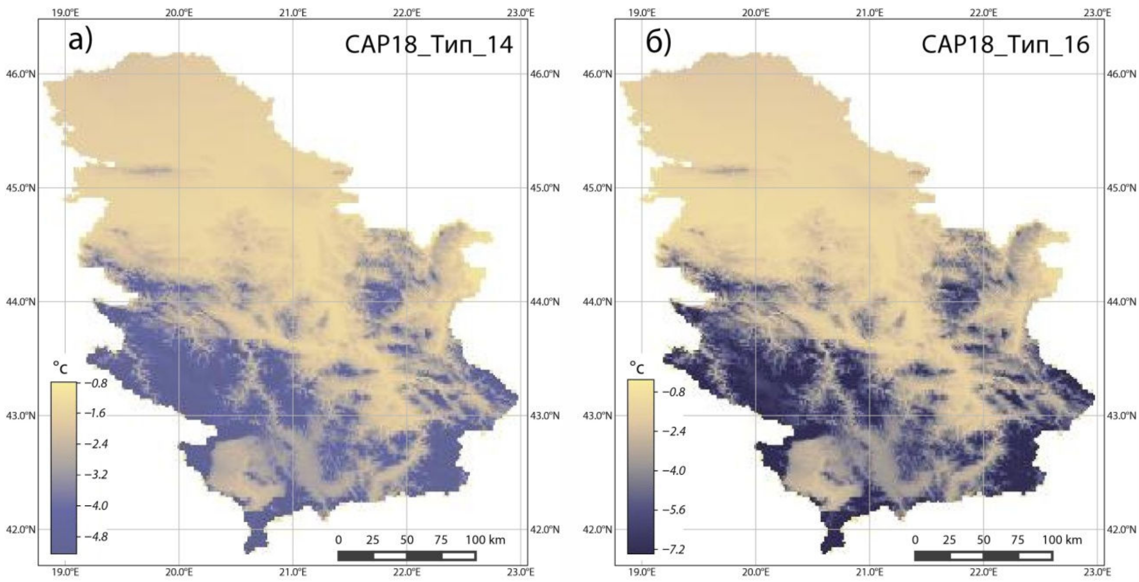
изнад Алпа у току зиме, са гребеном који прати Динарске планине, и са друге стране циклонска активност у источном Средоземљу појачава продор ваздуха са североистока и истока Европе на простор Србије. Све то је праћено и долином у висинској струји што додатно утиче на снижење температура ваздуха. Управо оваква ситуација је представљена Типом_16 (CAP18). Просечне дневне температуре су испод 0°C, са најнижим вредностима од ~ -7,0°C (слика 73б). У јануару просечне дневне температуре за време Типа_26 из CAP27, који је симиларан са Типом_16 из CAP18, се крећу од ~ - 3,0°C до ~ 10,0 °C (слика 74а). Циркулациони услови изнад већег дела Балкана у току зиме могу ослободити продор хладног ваздуха са истока утичићи на пад температура испод 0°C. Овакви услови су представљени Типом_27 (CAP27), када су у току зиме просечне дневне температуре ваздуха од ~ -8,0°C до ~ -1,0°C (слика 74б). Из наведених примера се увиђа значај циркулације атмосфере као предиктора просторне расподеле температура ваздуха у Србији, односно могућност коришћења издвојених каталога у бројним анализама.



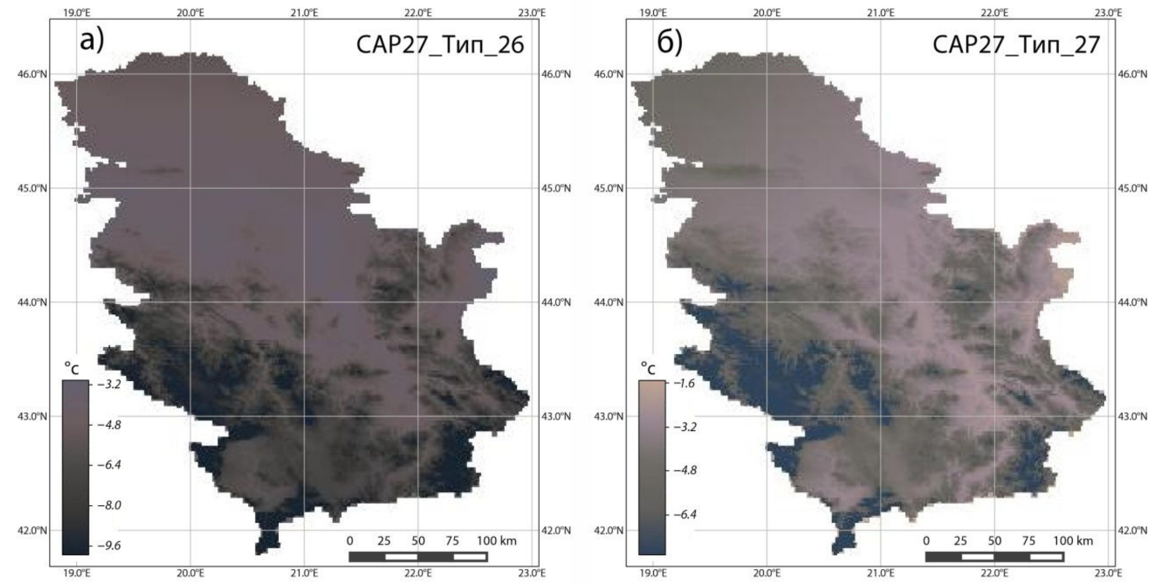
Слика 71. Просечна дневна температура ваздуха (°C) у Србији: а) пролеће CAP18 Тип_8 и б) зима CAP18 Тип_8.



Слика 72. Просечна дневна температура ваздуха (°C): а) зима САР18 Тип_11 и б) јануар САР18 Тип_11.



Слика 73. Просечна дневна температура ваздуха (°C): а) зима САР18 Тип_14 и б) зима САР18 Тип_16.

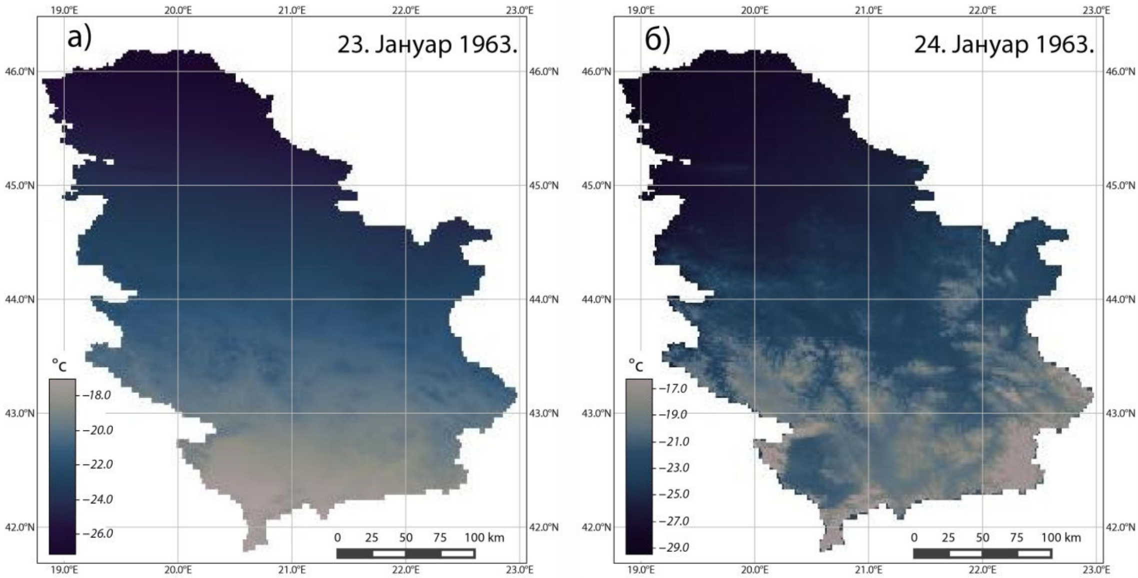


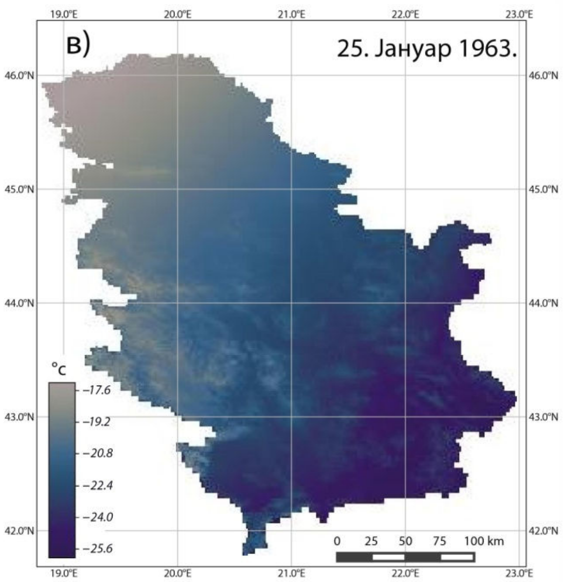
Слика 74. Просечна дневна температура ваздуха (°C): а) јануар САР27 Тип_26 и б) јануар САР27 Тип_27.

7.2. Температурни екстреми

У приказу просторне расподеле температура ваздуха за време екстремних температурних догађаја одабране су ситуације у којима је на већини посматраних станица забележен један од прва три температурна максимума, односно минимума. У анализираном периоду у овој студији, на већини станица апсолутно минималне температуре ваздуха су забележене у периоду од 23. до 25. јануара 1963. године. На слици 75 је дат приказ дневних минималних температура ваздуха у Србији у тим данима. Дневни минимуми су достизали и до -30,0°C, при чему је најдоминантија одлика у просторној расподели дневних минимума померање хладног таласа од севера ка југу Србије од 23. до 25. јануара. Такође, приметно је и да се интезитет хладног таласа повећавао од запада ка истоку Србије. То се може објаснити и особинама циркулације атмосфере која је условила овакав развој времена. Посматрано за каталоге САР18 и САР27, 23. јануара су били заступљени Тип_17 из САР18 и Тип_26 из САР27, 24. јануара су били заступљени Тип_16 из САР18 и Тип_26 из САР27 и 25. јануара су били заступљени Тип_16 из САР18 и Тип_26 из САР27. Управо ови типови су представљени у делу описа температурних услова испод 0°C на простору Србије, односно ради се о продору

веома хладног ваздуха из правца североистока и истока што је утицало на измерене вредности.

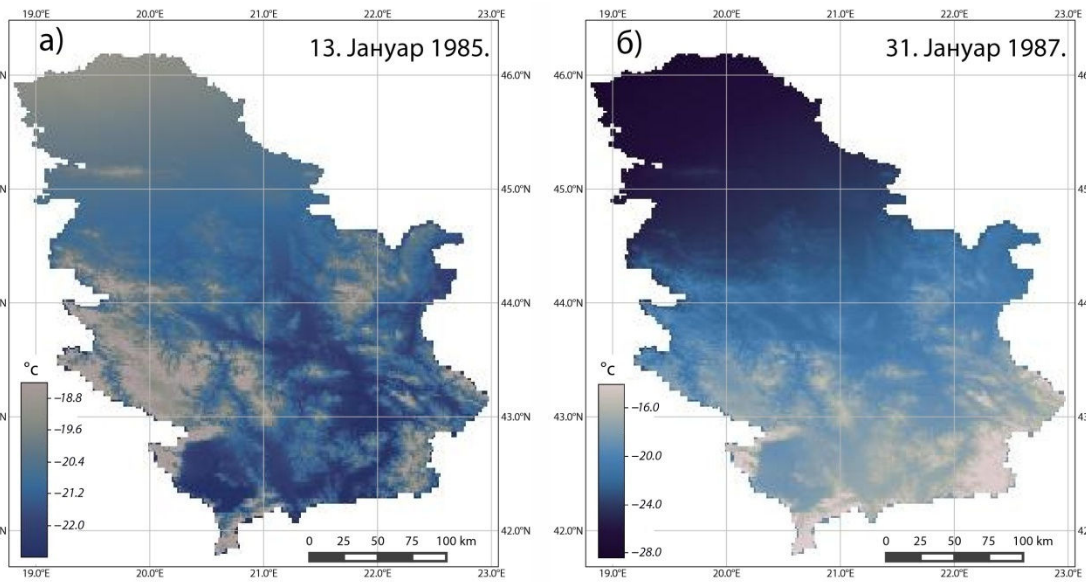




Слика 75. Минимална дневна температура ваздуха (°C): а) 23. јануар 1963. године, б) 24. јануар 1963. год. и в) 25. јануар 1963. год.

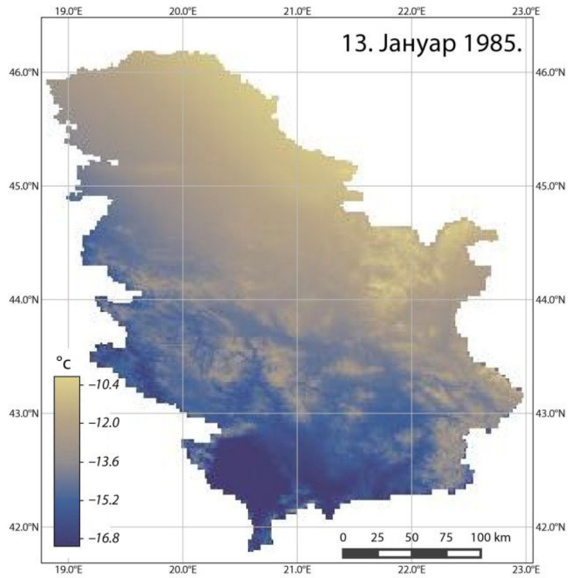
Поред овог догађаја, представљене су и минималне температуре ваздуха на дан 13. јануар 1985. године (слика 76а) и 31. јануар 1987. године (слика 76б). Догађај из 1985. године је посебно интересантан. Уколико се погледа просторна расподела дневних минималних температура ваздуха најниже вредности се добијају за југ Србије (~ 23,0°C), а највише на југозападу Србије (~ 18,0°C). Међутим, управо 13. јануара 1985. године је измерена апсолутно минимална температура ваздуха за Србију у инструменталном периоду осматрања времена у Карајукића Бунару

(Пештерска висораван) и износила је -39,5°C, док је у Сјеници измерено -36,5°C, што апсолутно не одговара приказаним вредностима на слици 76а. Један од разлога је тај што је приказ дневних минималних температура рађен са мањим бројем станица (због недоступности података), при чему подаци за Сјеницу нису били расположиви. Тог дана је забележен Тип_10 из CAP18 каталога. За време овог типа простор Србије је под утицајем гребена Сибирског антициклона са продором ваздушних маса из источног квадранта, док је у средишњем делу Средоземља развијено поље ниског притиска. Као што је већ напоменуто при оваквим ситуацијама Динарске планине задржавају продор хладног ваздуха ка западу, омогућавајући појаву језера хладног ваздуха са температурним инверзијама и другим појавама услед орографског ефекта. То је разлог више зашто је веома тешко интерполисати дневне податке при оваквим ситуацијама, посебно када се располаже са малим бројем мерења у простору, што може довести до погрешних резултата као што је то овде случај. Као потврда може послужити просторна расподела дневних температура ваздуха на дан 13. јануара 1985. године представљена на слици 77 на којој се уочава пад температура ваздуха у Србији од североистока ка југозападу. Такође, у прилог овоме је и податак да је у Пожеги тог дана измерен апсолутни минимум у посматраном периоду од -30,7°C, чему су значајно допринели локални услови, односно котлински положај овог места.



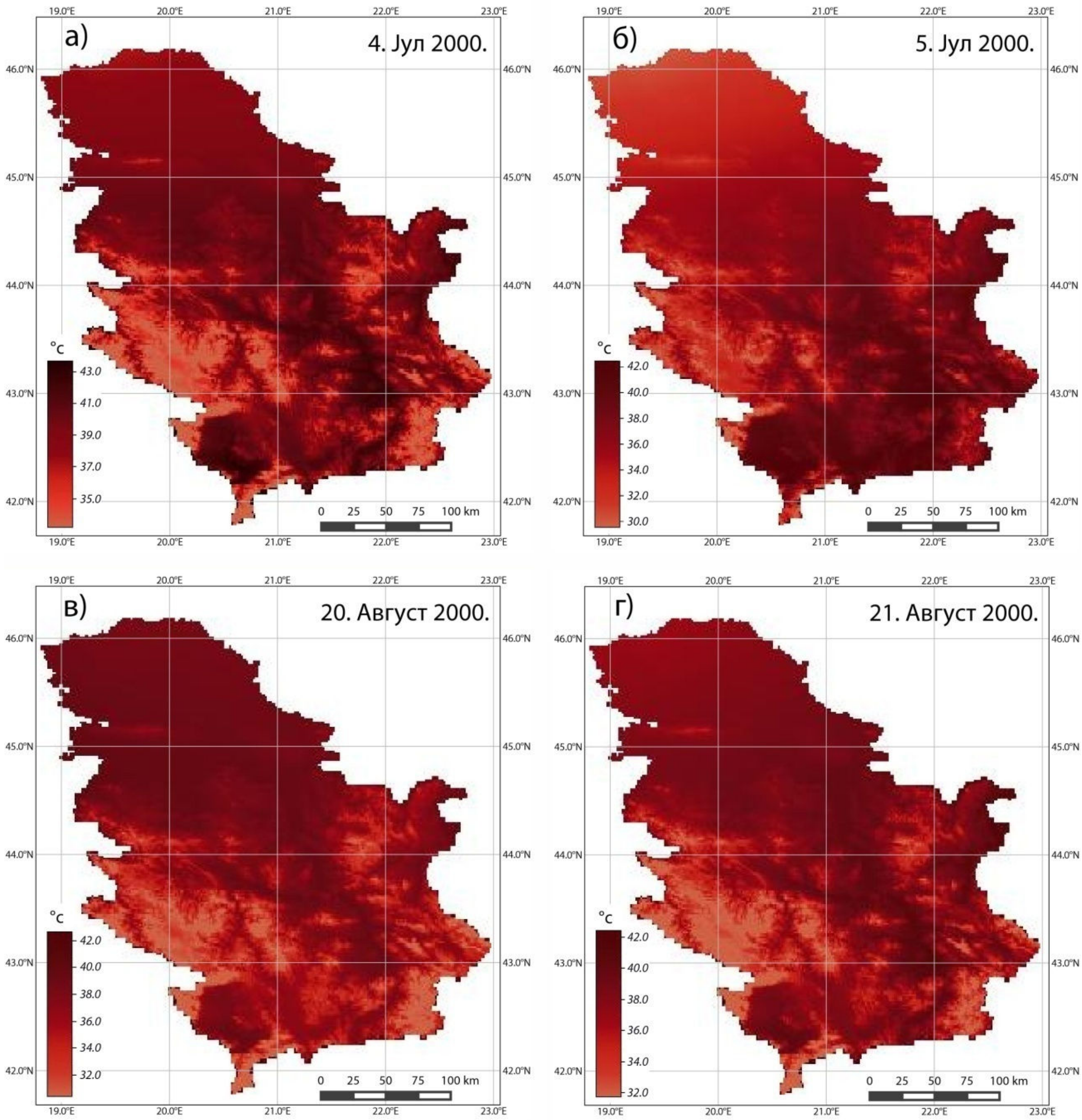
Слика 76. Минимална дневна температура ваздуха (°C): а) 13. јануар 1985. године и б) 31.јануар 1987. год.

Просторна расподела дневних минималних температура ваздуха на дан 31. јануар 1987. године (слика 76б), када је такође забележен Тип_10 (CAP18), даје реалнији приказ расподеле температура ваздуха. На појединим станицама у Војводини дневне минималне температуре су достизале и до -29,5°C (Сремска Митровица), што још једном говори о комплексности развоја временских догађаја при истим синоптичким условима условљеним орографским факторима, нарочито у зиму. Подсетимо, овај тип се одликује највећим коефицијентом варијације дневних температура ваздуха и то управо у зиму.



Слика 77. Дневне температуре ваздуха (°C) 13. јануара 1985. године.

У погледу дневних максималних температура ваздуха посматрана су два догађаја када је на већини станица забележен апсолутни максимум у анализираном периоду. То су 4. и 5. јул 2000. године и 20. и 21. август 2000. године. Приказ просторне расподеле дневних максималних температура ваздуха дат је на слици 78а-г. За време ових догађаја забележен је Тип_1 (CAP18) и Тип_2 (CAP27). Као што је већ напоменуто у анализи просторне расподеле просечних дневних температура ваздуха за време ових типова, антициклонски услови су доминантни, при чему њихова повећана постојаност уз интензивну адвекцију топлог ваздуха из јужног квадранта доноси простору Србије температуре ваздуха знатно изнад нормале са вредностима дневних максимума и преко 40,0°C . За разлику од минималних температура у хладној половини године, овде се утицај орографије највише огледа у опадању температура ваздуха са порастом надморске висине.



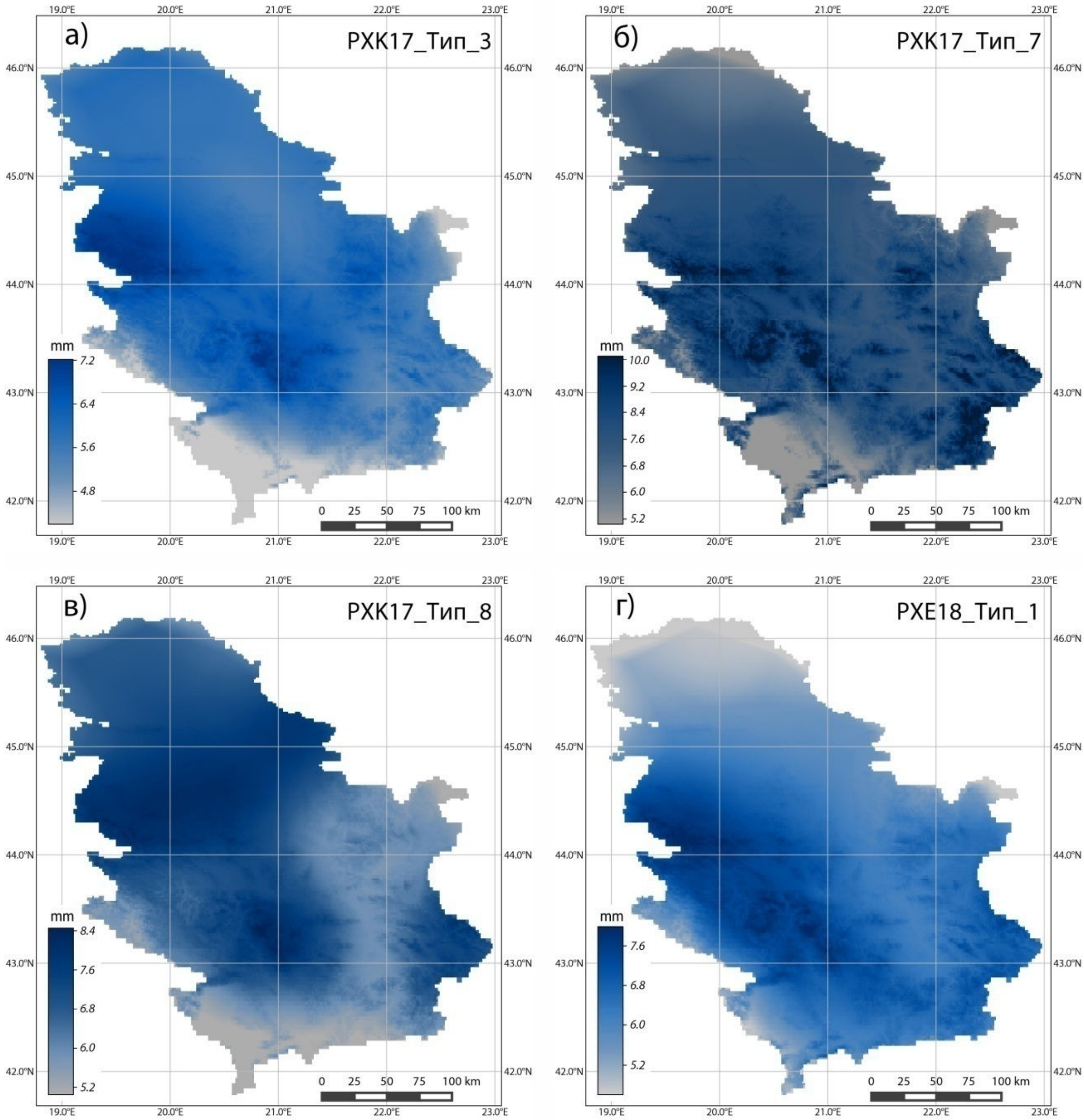
Слика 78. Максимална дневна температура ваздуха (°C): а) 4. јул 2000. године, б) 5. јул 2000. год., в) 20. август 2000. год. и г) 21. август 2000. год.

7.3. Дневне падавине

Као и у случају температура ваздуха, атмосферска циркулација је водећи предиктор за падавине. Као додатни предиктори у просторној анализи, коришћени су и подаци о географској дужини и ширини, надморској висини, али и о удаљености од поједних извора влаге, у зависности од одлика типова, односно правца кретања ваздушних маса под чијим је утицајем простор Србије (детаљи су представљени у одељку 3.8.). Поред сезонског нивоа посматрања, значајна је и расподела падавина зависно од правца кретања влажних ваздушних маса, па су тако резултати и представљени. Коришћени су типови за оба просторна домена (каталози PXK17 и PXE18).

Значајан део времена током године простор Србије је изложен северозападним ваздушним продорима. Њима се транспорују маритимне ваздушне масе са Атланског океана, при чему су у топлијој половини године за ове продоре везани виши дневни падавински интензитети. У PXK17 каталогу овакве ситуације су представљене Типом_1, Типом_3, Типом_6, Типом_7 и Типом_8, док код каталога PXE18 то су Тип_1, Тип_2, Тип_8 и Тип_10. На слици 79а-г су приказане просторне расподеле просечних дневних падавина у лето за Тип_3, Тип_7 и Тип_8 из PXK17 каталога, као и за Тип_1 из PXE18 каталога. У њиховој просторној предикцији коришћена је удаљеност од Атлантског океана. За све њих су карактеристичне просечне дневне падавине од ~ 5,0 mm до ~ 8,0 mm, односно до ~ 10,0 mm у случају Типа_7, што је и највише по типовима. У просторној расподели, најдоминантнија одлика су више вредности падавина за северозападни, западни и југозападни део Србије, а ниже на простору источног и југоисточног дела Србије. У току зиме просечне дневне падавине имају генерално ниже вредности, укључујући и догађаје које одликују северозападни ваздушни продори. Просторна расподела дневних падавина у зиму за Тип_2 и Тип_4 из PXK17 каталога, односно два најзаступљенија типа у овој сезони је представљена на слици 80а и 80б. Просечне дневне падавине за време ових типова имају вредности до ~ 5 mm, при чему се код Типа_2 (који представља северозападни продор) увиђа у извесној мери смањење падавина од запада ка истоку Србије, док код Типа_4 (утицај антициклона са истока Европе) се теже изводи одређена

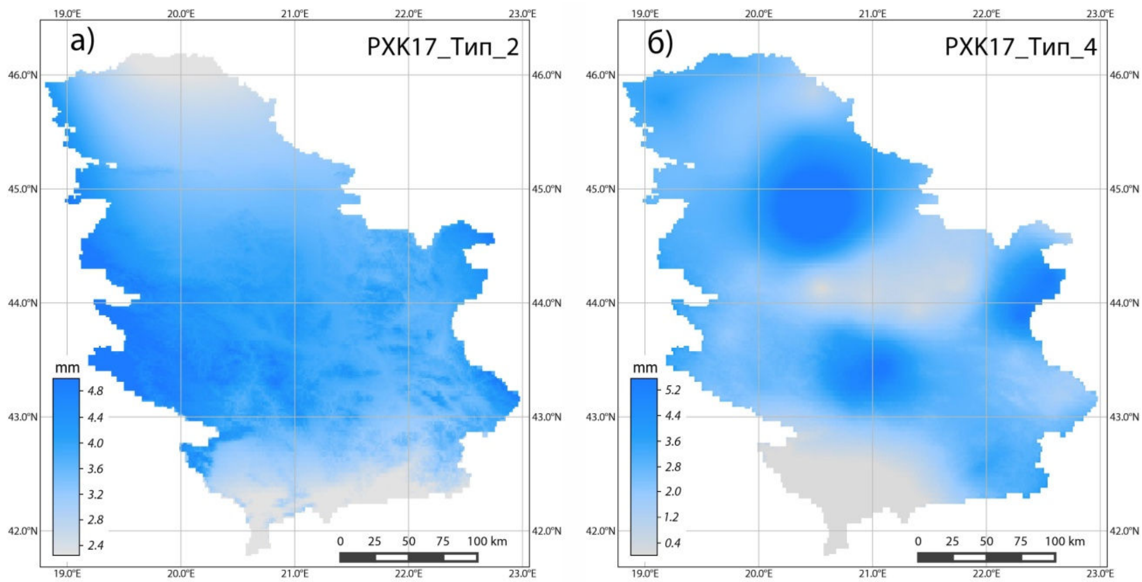
правилност, премда се у извесној мери може говорити о смањењу падавина од истока ка западу Србије.



Слика 79. Просечне дневне падавине у лето (mm): а) РХК17 Тип_3, б) РХК17 Тип_7, в) РХК17 Тип_8 и г) РХЕ18 Тип_1.

У погледу РХЕ18 каталога, типови који доносе више падавина у зиму, а при томе су учесталији у односу на друге типове у овој сезони, издвајају се Тип_12, Тип_13 и Тип_17 (такође и Тип_18 који је посебно приказан). Максимални дневни интензитети падавина за време ових типова прелазе 6,0 mm. У случају Типа_12 (слика 81а), кога одликује циклонска активност у источном Средоземљу и који се

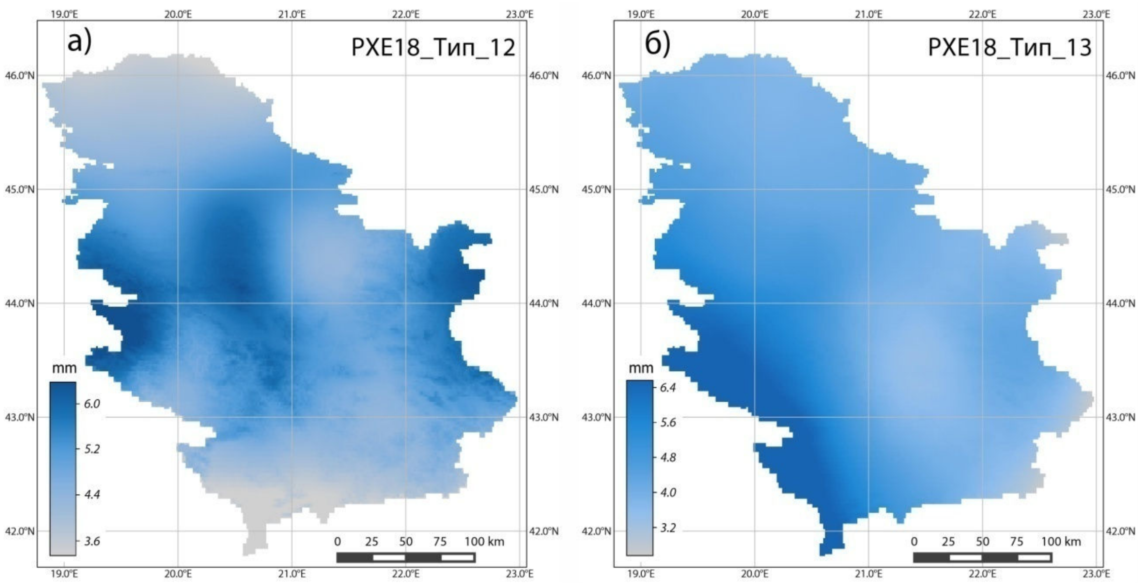
на простору Србије манифестује источним продором ваздуха, највише просечне дневне падавине су на крајњем истоку, средишњем делу и на крајњем западу Србије, док се ка северу и југу падавине смањују. Тип_13 (слика 81б) који показује активност Ђеновске циклогенетске области, при чему је простор Србије изложен југозападним продорима, одликује смањење падавина од југозапада ка североистоку Србије. Код Типа_17 (слика 81в) који се одликује продором са северозапада доминантно више дневне падавине су на западу и југозападу Србије, а најмање на североистоку и истоку. За сваки од наведених типова као предиктор коришћена је удаљеност од извора влаге у зависности од географског порекла ваздушних маса којима је простор Србије изложен.

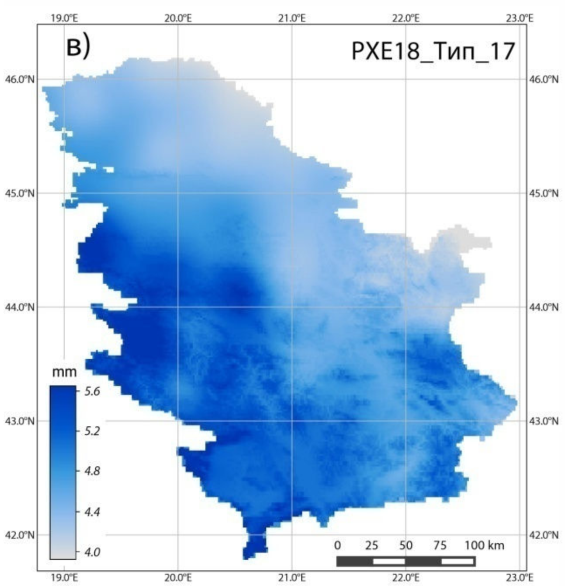


Слика 80. Просечне дневне падавине у зиму (mm): а) РХК17 Тип_2 и б) РХК17 Тип_4.

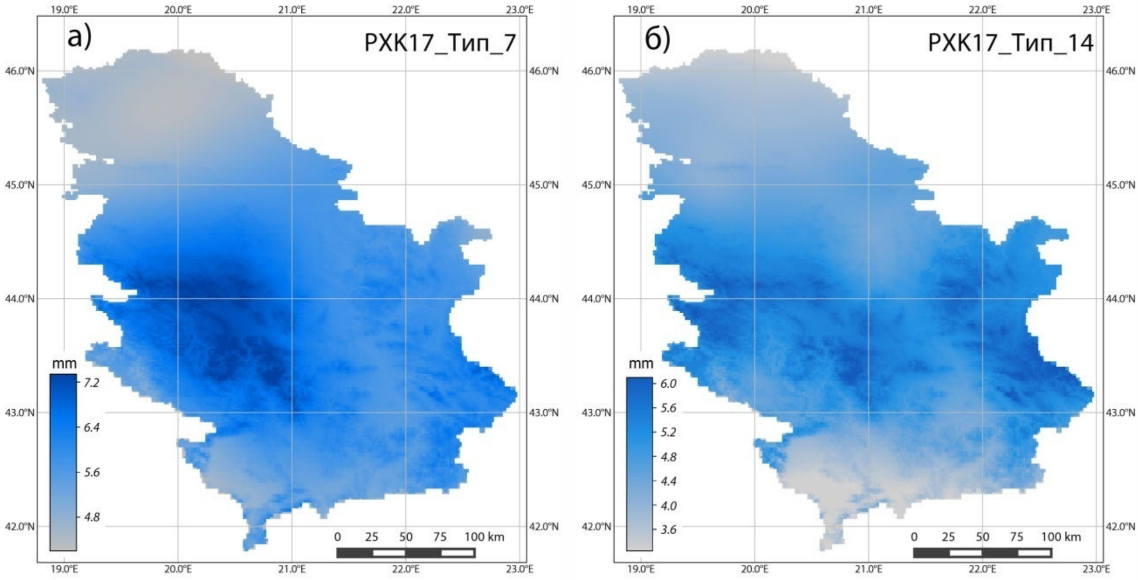
У прелазним сезонама у току године просторна варијабилност падавина је такође у извесној мери условљена одликама ваздушних маса, односно правцем из кога ваздушне масе долазе на простор Србије. На слици 82а су приказане просечне дневне падавине у пролеће за Тип_7 (РХК17). Као и у осталим сезонама за овај тип, али и генерално код северозападних продора, највише падавине су западу Србије (вредности до ~ 7,0 mm). Са друге стране продори са истока, којима се транспортују маритимне ваздушне масе из источног Медитерана и са Црног мора, највише падавина доносе средишњем делу Србије, док се у правцу севера и југа се смањују. Такви услови су представљени на слици 82б за време Типа_14 (РХК17).

На сликама 83 и 84 је дата просторна расподела падавина у јесен за време појединих типова из оба посматрана каталога. Северозападни продори (слика 83а и слика 84в) доносе више падавине западним и југозападним деловима Србије. Активност Ђеновске циклогенетске области је у вези са изнад просечним дневним падавинским интензитетима (слика 83б), док при антициклонским условима количина падавина се повећава од севера ка југу Србије (слика 83г). При циклонској активности у источном Средоземљу и источним продорима количина падавина се смањује од истока ка западу Србије (слика 84б).



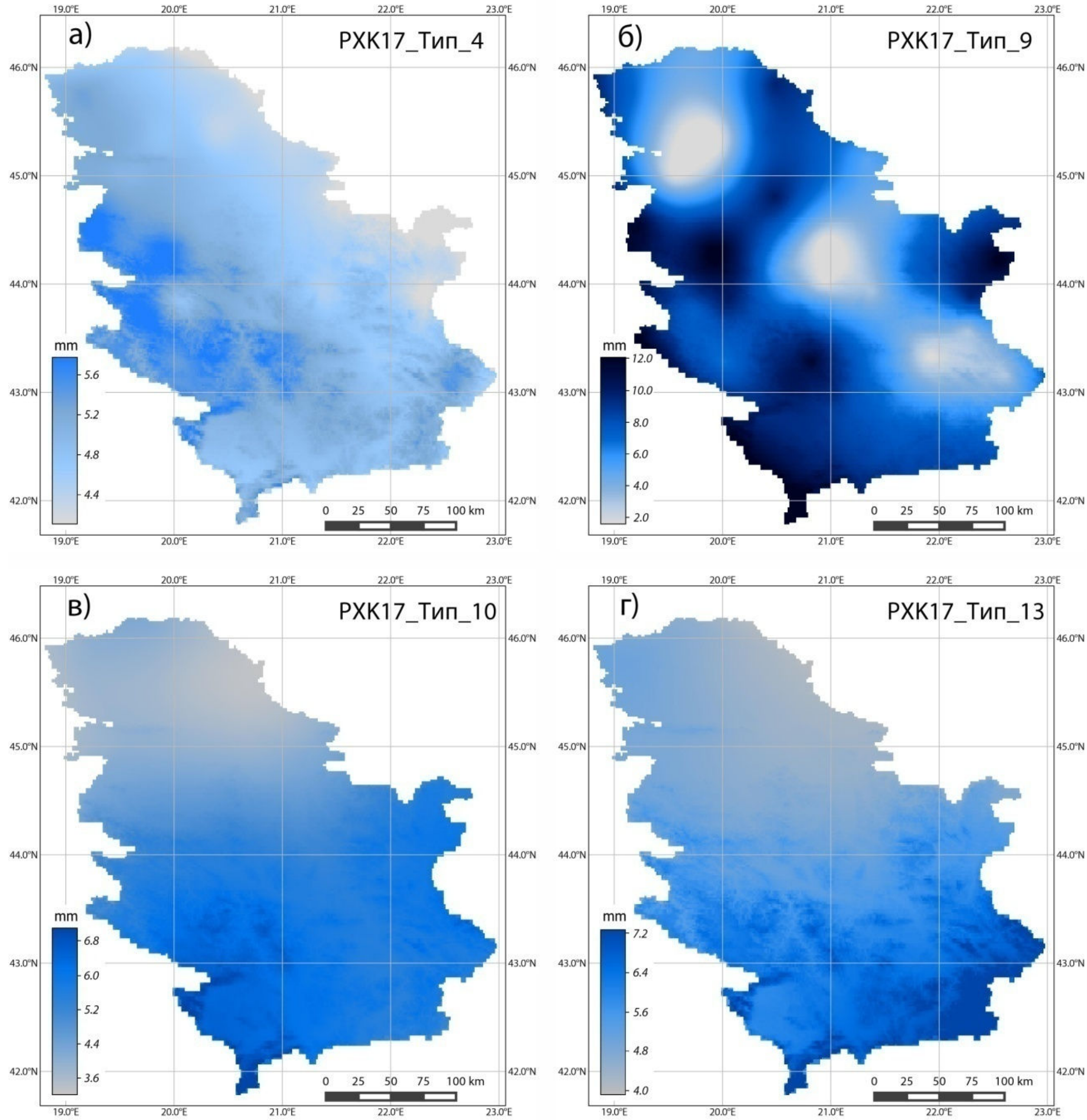


Слика 81. Просечне дневне падавине у зиму (mm): а) РХЕ18 Тип_12, б) РХЕ18 Тип_13 и б) РХЕ18 Тип_17.

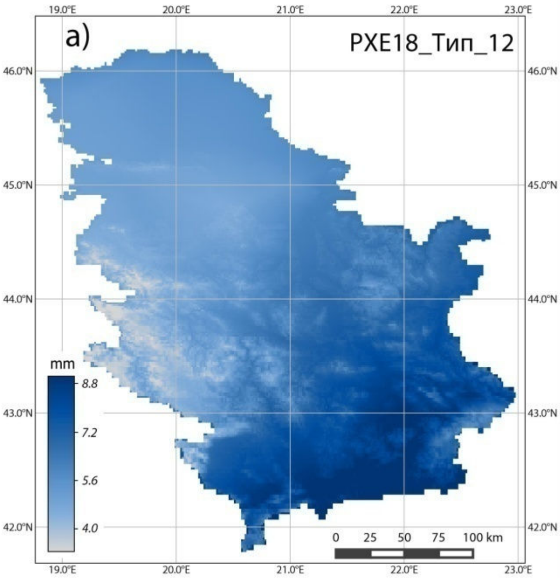


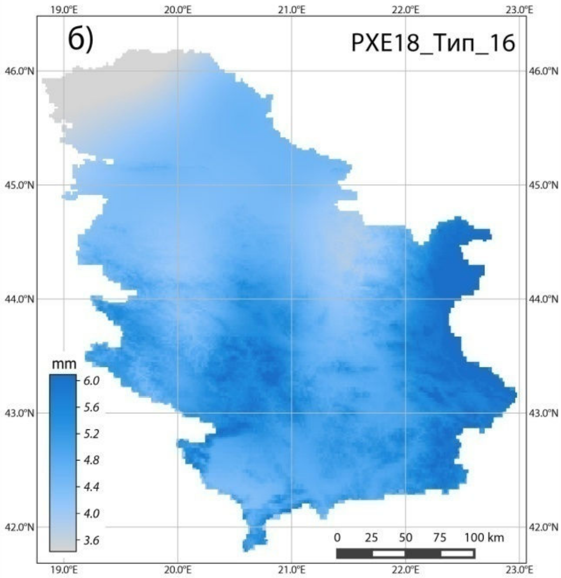
Слика 82. Просечне дневне падавине у пролеће (mm): а) РХК17 Тип_7 и б) РХК17 Тип_14.

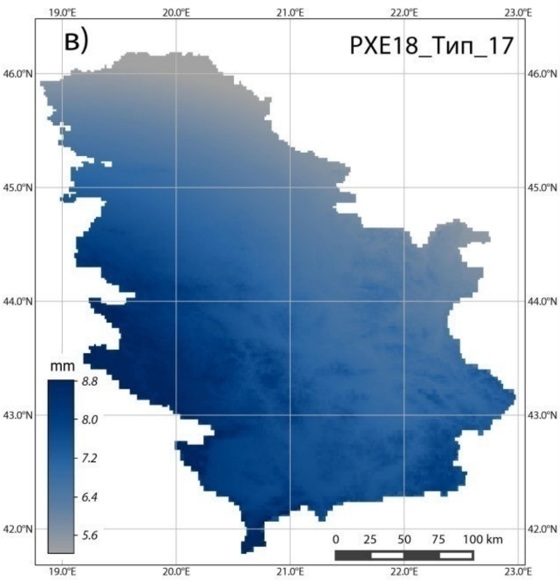
Посебно је приказана просторна расподела падавина при Типу_18 (РХЕ18) када је простор Балкана под утицајем циклонске активности и у приземљу и на висини, што има за последицу највише вредности дневних падавинских интензитета у односу на све остале типове циркулације атмосфере. Највише просечне дневне падавине су у лето (до ~ 15,0 mm), а најмање у зиму (до ~ 8,0 mm), а више у јесен (до ~ 12,0 mm) него у пролеће (до ~ 9,0 mm). Интересантно је да у свим сезонама просторна расподела падавина је другачија: у пролеће (слика 85а) и јесен (слика 85в) највише падавине су у западним и источним деловима Србије, у лето (слика 85б) највише падавине су на североистоку Србије, док у зиму (слика 85г) највише просечне дневне падавине су на југозападу Србије. Напоменимо да су овде представљене просечне дневне падавине за време свих догађаја унутар овог типа, при чему се појединачни догађаји могу одликовати значајно вишим вредностима, о чему ће бити речи у делу о падавинским екстремима.



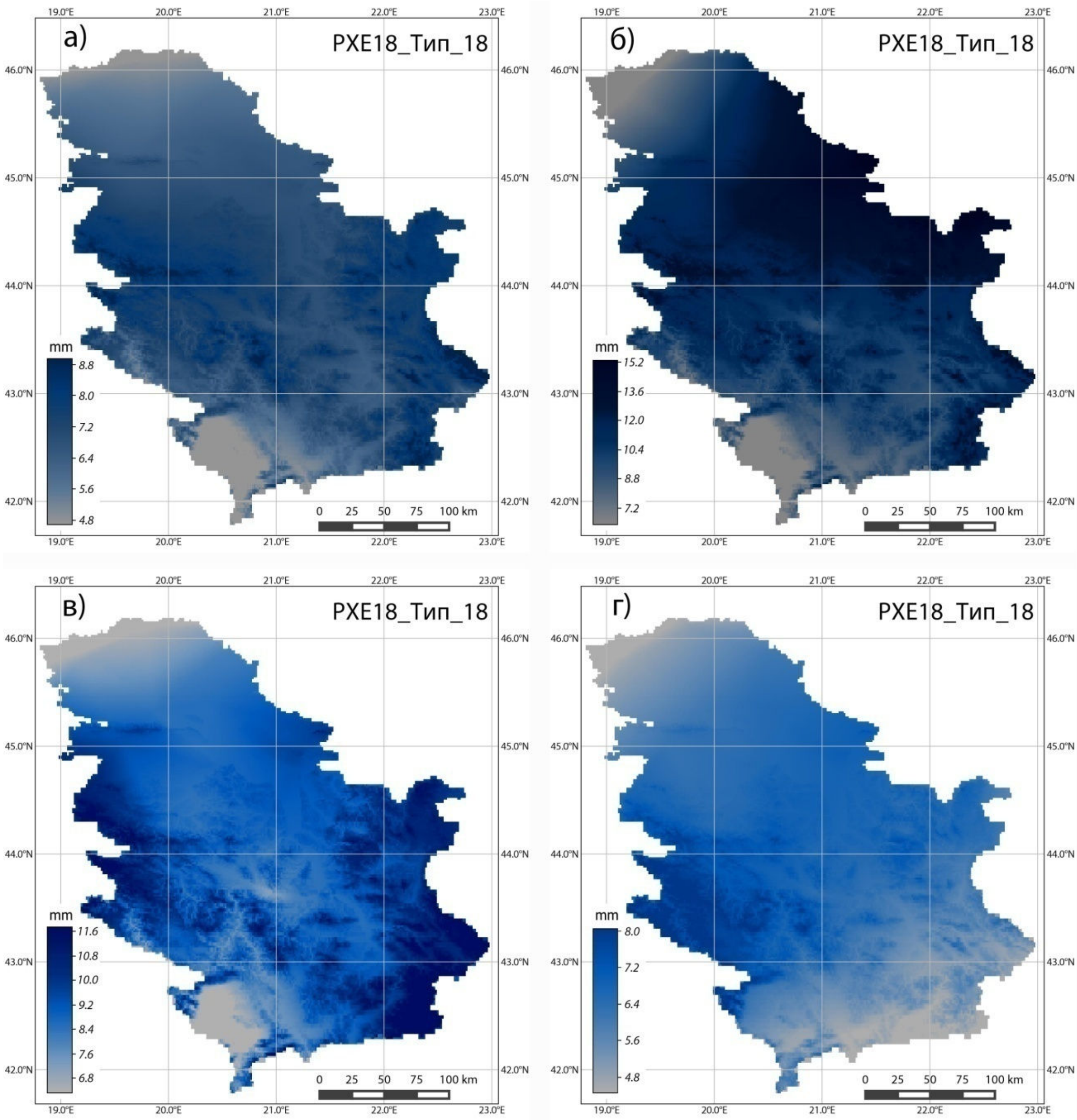
Слика 83. Просечне дневне падавине у јесен (mm): а) РХК17 Тип_4, б) РХК17 Тип_9, в) РХК17 Тип_10 и г) РХК17 Тип_13.







Слика 84. Просечне дневне падавине у јесен (mm): а) РХЕ18 Тип_12, б) РХЕ18 Тип_16 и б) РХЕ18 Тип_17.



Слика 85. Просечне дневне падавине (mm) РХЕ18 Тип_18: а) пролеће, б) лето, в) јесен и г) зима.

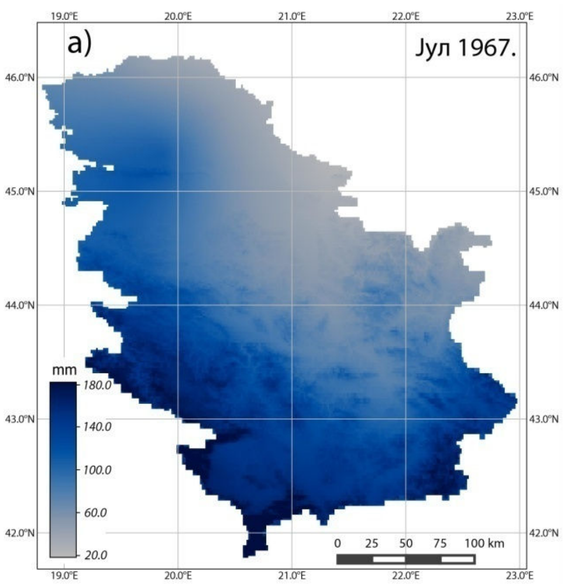
7.4. Падавински екстреми

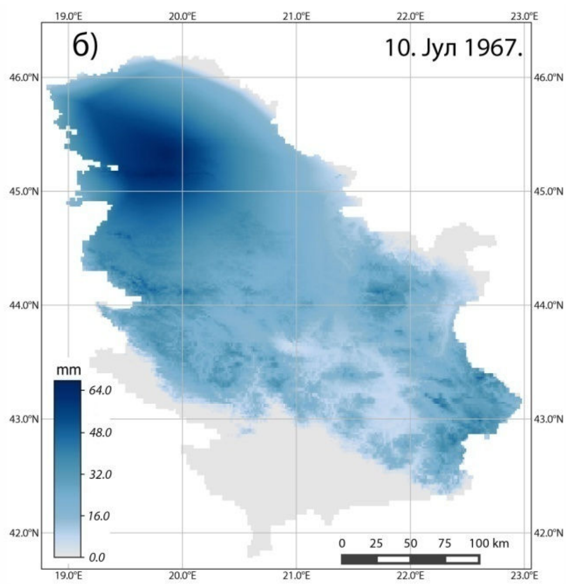
У одабиру екстремних падавинских догађаја критеријум је био исти као за екстремне температуре ваздуха. Међутим, за разлику од температура код којих су за време истих догађаја на већини станица забележени апсолутни максимуми и минимуми у посматраном периоду, код падавина је то другачије. Природа падавина као климатског елемента, али и бројни фактори који утичу на њихову просторну расподелу, резултирају у већем броју екстремних догађаја зависно од станица које се посматрају. Ипак, издвојено је неколико догађаја када су измерене дневне падавине биле значајно изнад нормале на већем броју станица у Србији.

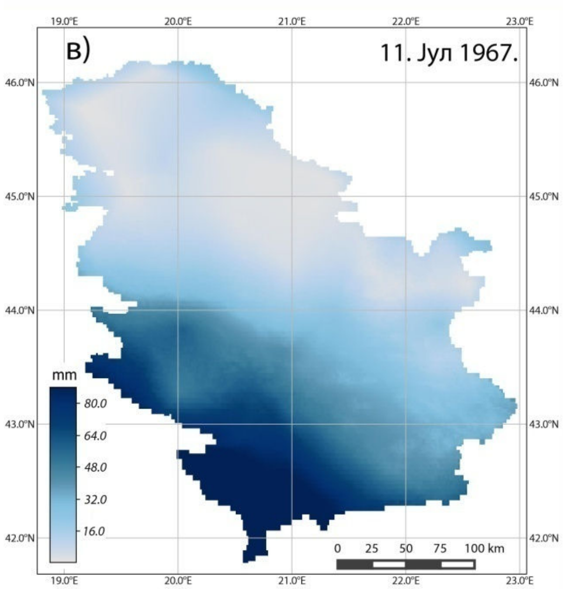
Један од три издвојена догађаја је забежен у јуну 1967. године. На слици 86а је приказана просторна расподела укупних падавина за овај месец, док су на слици 86б и 86в приказане падавине за дан 10. и 11. јул 1967. године када су измерени максимуми на појединим станицама у Србији. У овим данима је био заступљен Тип_1 из оба каталога (PXK17 и PXE18), односно ради се о северозападном ваздушном продору. Уколико се погледа просторна расподела падавина увиђа се премештање максимума падавина са северозапада на југозапад Србије, што потврђује да се ради о падавинама које су настале као последица продирања маритимног ваздуха са Атланског океана. Укупне падавине за јул 1967. године су у југозападним деловима Србије прелазиле 180,0 mm, док су 10. јула на северозападу измерене вредности више од 60,0 mm (у Римским Шанчевима је забележено чак 91,6 mm), односно 11. јула више од 80,0 mm на југозападу Србије (у Новом Пазару је забележено 70,7 mm).

Следећи догађај са екстремним падавинама је забележен у августу 1985. године. Уколико се погледају укупне падавине у августу (слика 87а), простор са највишим вредностима је средишњи део Србије у читавој зони од истока ка западу (вредности преко 180, 0 mm). Код дневних падавина за дан 28. август (слика 87б) и 29. август (слика 87в) 1985. године уочава се премештање максимума падавина са истока на запад Србије. Тип_18 из PXE18 је био заступљен у овим данима, што објашњава и интензитет падавина, али и просторну расподелу. Дневни интензитети падавина су се кретали преко 80,0 mm за 28. август (у Смедеревској

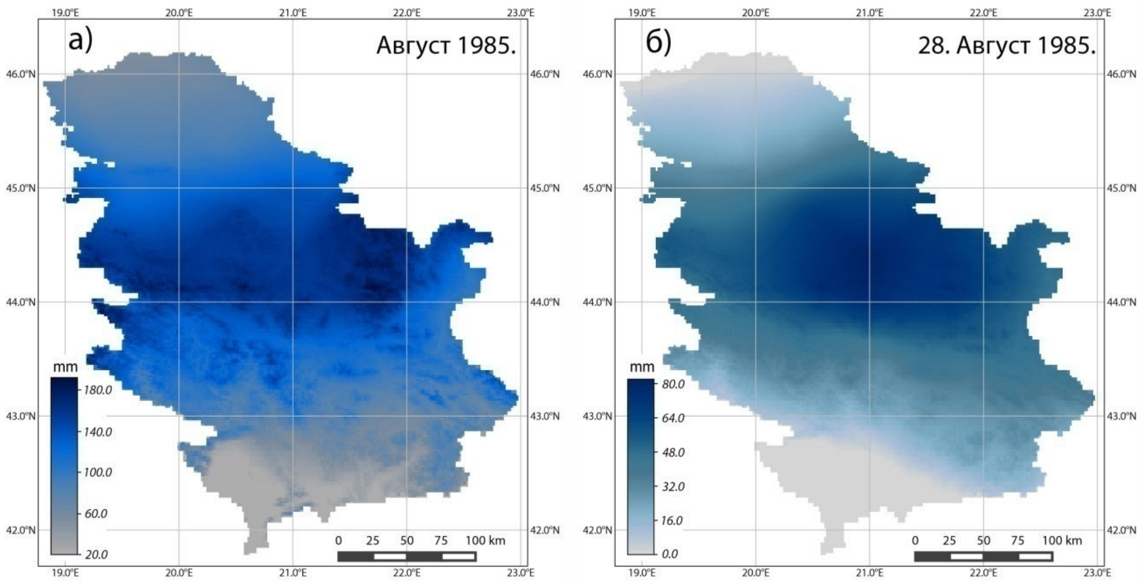
Паланци је измерено 85,9 mm, у Ћуприји 73,8 mm, на Руднику 87,0 mm, у Крагујевцу 84,2 mm), односно преко 60,0 mm за 29. август (у Ваљеву је измерено 78,0 mm).

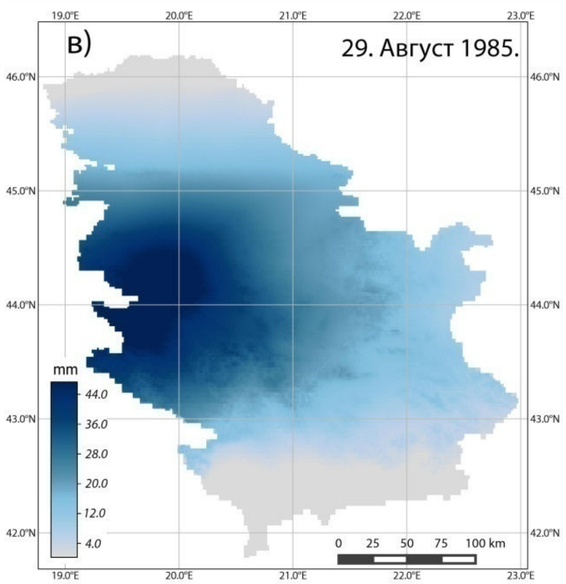






Слика 86. Месечне и дневне падавине (mm): а) Јул 1967. год., б) 10. јул 1967. год. и в) 11.јул 1967. год.

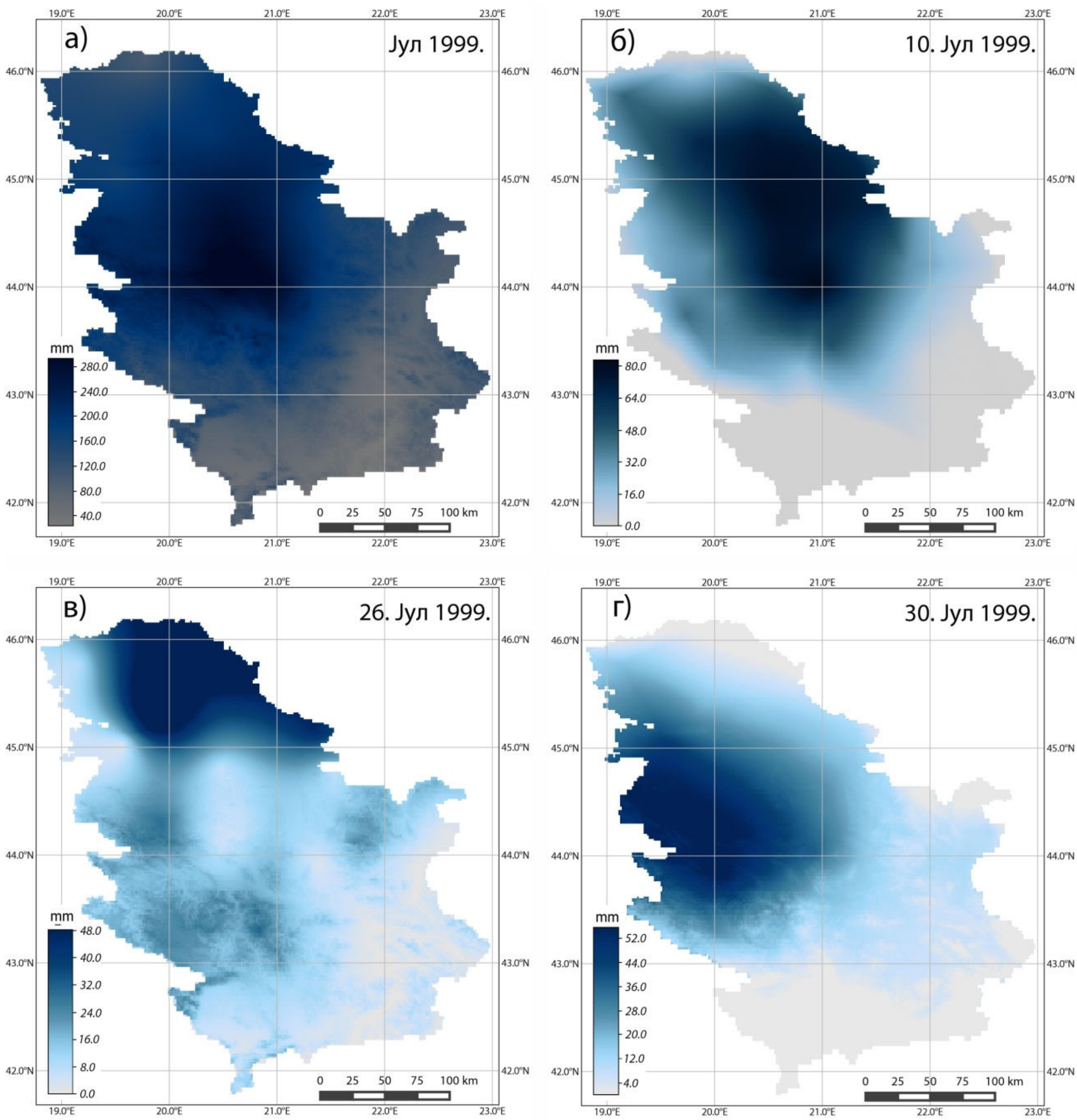




Слика 87. Месечне и дневне падавине (mm): а) Август 1985. год., б) 28. август 1985. год. и в) 29. август 1985. год.

Јул 1999. године је издвојен као месец у коме је на већини посматраних станица забележен дневни максимум падавина. Највише вредности јулских падавина су на простору централне Србије са вредностима и до 300,0 mm (слика 88а). Три дана су издвојена као догађаји са високим дневним падавинама: 10. јул (слика 88б), 26. јул (слика 88в) и 30. јул (слика 88г). У првом случају (10. јул) највише дневне падавине су забележене на простору северног и централног дела Србије, са вредностима већим од 80,0 mm, при чему је био заступљен Тип_8 из РХК17 каталога и Тип_2 из РХЕ18 каталога, односно ради се о северозападном продору ваздуха. У Зрењанину је измерено 72,3 mm, у Римским Шанчевима 68,7 mm, у Београду 80,1 mm, на Руднику 77,3 mm. Дана 26. јула падавине су биле највише

на крајњем северу и североистоку Србије, са вредностима и преко 50,0 mm (у Кикинди је измерено 60,9 mm). Каталог PXE18 препознаје овај догађај као Тип_18. Последњи у низу је 30. јул када су највише дневне падавине забележене на северозападу и западу Србије. Овај догађај је као у случају 10. јула препознат као северозападно временско стање. У Пожеги су измерене падавине од 101,3 mm. У овом случају, као и у претходним, увиђа се да коришћени каталози циркулационих типова добро стратификују падавинске догађаје на простору Србије и могу се користити за бројне анализе.



Слика 88. Месечне и дневне падавине (mm): а) Јул 1999. год., б) 10. јул 1999. год., в) 26. јул 1999. год. и г) 30. јул 1999. год.

8. АНАЛИЗА ТРЕНДОВА У ПОСМАТРАНОМ ПЕРИОДУ

У овом поглављу је анализирана временска компонента варијабилности (тренд) температура ваздуха и падавина на простору Србије и циркулације атмосфере, односно учесталости и постојаности циркулационих типова у посматраном периоду (1961-2000. година). За оцену значајности тренда коришћен је непараметарски Ман-Кендал тест (Mann, 1945; Kendal, 1975; Hirsch et al., 1982; Hirsch et al., 1984). Предност овог теста у односу на метод просте линеарне регресије је мања осетљивост на аутлејере и асиметрично распоређене податке. У случају да расподела одступања од линије тренда има апроксимативно нормалну расподелу, Ман-Кендал тест даје исте резултате као проста линеарна регресија. Ман-Кендал тест се често користи са Сеновом оценом нагиба линеарног тренда, што је случај и у овој студији. Нулта хипотеза (H_0) је да нема тренда у посматраној серији, а алтернативна (H_a) да је присутан тренд. Посматрана су два нивоа ризика, α = 5% и α = 10%. Анализиране су промене на годишњем, сезонском и месечном нивоу (јануарске и јулске вредности за температуре ваздуха и јунске вредности за падавине). Промене у циркулацији атмосфере су посматране кроз промене у учесталости и постојаности (перзистентности) циркулационих типова (каталози KRZ9, CAP18 и CAP27 за температуре ваздуха, односно каталози PXK17 и PXE18 за падавине).

Анализа тренда температура ваздуха и падавина на простору Србије била је предмет више студија којима су обухваћене њихове годишње и/или сезонске вредности (Unkašević et al., 2004; Дуцић и др., 2008; Unkašević and Tošić, 2009; Tošić et al., 2014; Luković et al., 2014; Bajat et al., 2015; Spinoni et al., 2015; Миловановић и др., 2015), али и екстремни догађаји, најчешће дефинисани применом различитих индекса (Unkašević et al., 2004; Unkašević et al., 2005; Unkašević and Tošić, 2009; Unkašević and Tošić, 2013; Arsenović et al., 2015; Kutiel et al., 2015; Malinović-Milićević et al., 2015). У овим студијама су посматрани различити периоди, са различитим територијалним обухватом на простору Србије, при чему је анализа тренда рађена методама просте линеарне регресије и/или Ман-Кендал теста. Из тог разлога је у овом истраживању дат кратак осврт

на добијене вредности тренда са акцентом на могућим везама између промена у посматраним климатским елементима и променама у циркулацији атмосфере.

8.1. Тренд температура ваздуха

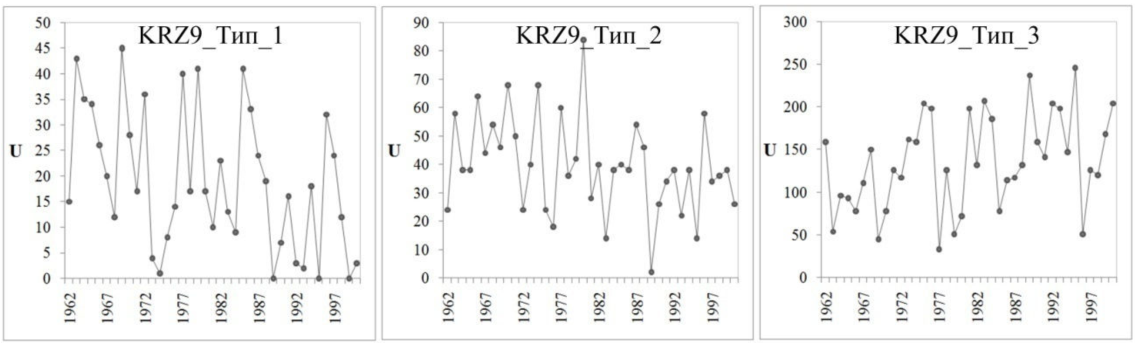
Анализа тренда просечних годишњих температура ваздуха у Србији једино за станицу Димитровград показује негативну вредност тренда (-0,01°C/год.), премда без статистичког значаја, док су за све остале станице добијене позитивне вредности тренда, статистички сигнификантне у већини случајева (вредности се крећу од 0,01-0,04°C/год.). У пролеће, на већини станица је присутан позитиван, али несигнификантан тренд, док су негативне вредности, такође несигнификантне, добијене за Ћуприју, Жагубицу и Димитровград. У лето све станице показују позитиван, у највећем броју статистички значајан тренд (на Копаонику достиже вредности од 0,07°C/год., α = 5%). Супротно, у јесен на већини станица тренд је негативан (осим за станице Зрењанин, Копаоник и Сјеница, где су добијене позитивне вредности тренда). Статистички значајан, негативан тренд температура ваздуха у јесен је добијен за Велико Градиште (-0,03°C/год., α = 10%), Жагубицу (-0,04°C/год., α = 10%), Зајечар (-0,03°C/год., α = 10%), затим за Књажевац (-0,04°C/год., α = 5%) и Димитровград (-0,04°C/год., α = 10%), односно за станице које се налазе на североистоку, истоку и југоистоку Србије. У зиму, све станице имају позитиван тренд температура ваздуха. Сигнификантне вредности тренда су добијене за неколико станица на северу (Сомбор са 0,03°C/год., α = 10% и Римски Шанчеви са 0,05°C/год., α = 10%), југозападу (Златибор са 0,04°C/год., α = 5%, Копаоник са 0,07°C/год., α = 5% и Сјеница са 0,05°C/год., α = 5%) и истоку Србије (Неготин са 0,05°C/год., α = 5% и Зајечар са 0,04°C/год., α = 5%).

У анализи линеарног тренда сезонских температура ваздуха за 17 станица на простору Србије за период 1949-2009. година, Станојевић (2011) утврђује позитиван тренд за пролеће и лето, негативан за јесен, а за зиму у већем делу Србије позитиван тренд, осим на југоистоку Србије где су добијене негативне вредности тренда температура ваздуха. Студије у којима су анализирани

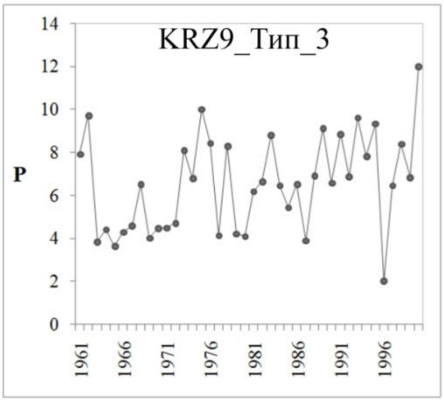
екстремни догађаји указују да су позитивном тренду температура ваздуха на простору Србију највише допринеле промене у максималним и минималним температурама ваздуха. Unkašević et al. (2005) су анализирали средње дневне, дневне минималне и максималне температуре ваздуха за Београд у периоду 1975-2003. година и закључили да позитивном тренду летњих температура више доприноси позитиван тренд дневних максимума него минимума. Анализирајући температурне есктреме за период 1949-2009. година у Србији, Unkašević and Tošić (2013) закључују да су највеће промене у температурама добијене за лето, али да се током јесени повећао број мразних и хладних дана. Knežević et al. (2014) су анализирали индексе екстрема базираних на дневним минималним температурама ваздуха и утврдили негативан тренд за број мразних дана и хладних ноћи у свим сезонама, као и позитиван тренд за тропске ноћи у већем делу Србије (осим на истоку Србије). Unkašević and Tošić (2015) су анализирали топле и хладне таласе на сезонском нивоу на простору Србије за период 1949-2012. година указујући да позитивним трендовима температура ваздуха је више допринела повећана учесталост топлих таласа, него смањење учесталости хладних таласа. Такође, истакнуто је да су се учесталост и трајање топлих таласа повећали од 1982. године. Savić et al. (2015) су утврдили позитиван тренд за годишње максималне и минималне температуре на простору Војводине за период 1949-2008. година, при чему се више вредности тренда добијају за годишње минимуме. Arsenović et al. (2015) су анализирали комбиноване климатске индексе који се базирају на средњим дневним температурама ваздуха и дневним падавинама и утврдили су негативан тренд за хладне/суве дане и хладне/влажне дане у пролеће, лето и зиму, односно позитиван тренд за топле/суве дане у тим сезонама у периоду 1961-2010. година, а на основу података за седам станица у Србији. У јесен сви индекси имају несигнификантан тренд. Овакви резултати су сагласни са студијама које су рађене за Европу (Frich et al., 2002; Klein Tank et al, 2002; Klein Tank and Können, 2003; Bartholy and Pongrácz, 2007; Kostopoulou and Jones, 2005; Moberg et al., 2006; Spinoi et al., 2015), али и на глобалном нивоу (Esterling and Horton, 1997; Esterling et al., 2000; Yan et al., 2002; Gay-Garsia, 2009), у којима се истиче да трендовима у просечним вредностима климатских елемената значајно доприносе промене у учесталости и интензитету екстремних климатских догађаја.

Анализа трендова годишње учесталости циркулационих типова за каталог KRZ9 (домен Европа) је показала статистички значајне вредности за Тип_1 (-0,437/год., α = 5%), Тип_2 (-0,286/год., α = 5%) и Тип_3 (0,706/год., α = 5%). Тип_3 одликује позитивна и највиша вредност тренда међу свим типовима. Овај тип је најучесталији међу типовима на годишњем нивоу, односно у току зиме чини половину времена и учесталији је у пролеће него јесен (одељак 6.1.). Заједно са Типом_1 и Типом_2 припада групи хладних типова, односно групи типова који су заступљенији у хладној половини године, али за разлику од њих има супротан знак тренда. Међутим, у јесен Тип_3 има негативан, али несигнификантан тренд (-0,083/год.). Сва три типа имају високо сигнификантне вредности тренда у зиму (-0,567/год., α = 5% за Тип_1, -0,40/год., α = 5% за Тип_2 и 2,053/год., α = 5% за Тип_3). Тип_3 за време кога је простор Србије у приземљу (али и у висинској ситуацији) изложен северозападном ваздушном струјању се одликује релативно вишим просечним дневним температурама у односу на Тип_1 и Тип_2, а обзиром на његову доминантну заступљност у току зиме и високо сигнификантан позитиван тренд учесталости, може се довести у везу са позитивним трендом зимских температура у Србији. Такође, негативан тренд учесталости Типа_3 у јесен (премда без статистичког значаја) прате и негативни трендови температура ваздуха у Србији. Такође, Тип_9 који је веома сличан по положају акционих центара, при чему је заступљен у лето и јесен, има статистички значајан негативан тренд у јесен (-0,155/год., α=10%). И Тип_3 и Тип_9 (као и Тип_6) представљају ситуације у којима је европски континент у приземљу изложен западном зоналном струјању, а које се на простору Србије манифестује ваздушним продорима са северозапада. Са друге стране, Тип_1 и Тип_2 који се на простору Србије одликују продорима ваздушних маса из источног квадранта имају високо сигнификантан негативан тренд учесталости. На слици 89 је приказана учесталост ових типова у зиму у анализираном периоду са јасно видљивом тенденцијом ка смањену (Тип_1 и Тип_2) односно повећању (Тип_3) учесталости. Повећана учесталост Типа_3 је резултат повећане постојаности (перзистентности) овог типа (тренд на годишњем нивоу износи 0,085/год., α = 5%), док је негативан тренд годишњих вредности постојаности утврђен за Тип_1 (-0,033/год.) и Тип_2

(-0,012/год, α = 10%). На слици 90 је дат приказ годишњих вредности постојаности за Тип_3. Код осталих типова нису утврђене статистички значајне промене у постојаности на годишњем нивоу. У неколико студија је утврђено значајно повећање у постојаности Хес-Брезовски типова од 1980-их година (Werner et al, 2000; Kyselý and Huth, 2006; Kyselý and Domonkos, 2006). Међутим, Cahynová and Huth (2009) истичу да је то резултат нехомогености у временским серијама која је присутна код субјективних каталога (укључујући и типогију PECo, за коју је међутим утврђено незнатно смањење постојаности типова од декаде 1980-их), и да се повећање постојаности не може уочити у случају 18 објективних каталога који су део *cost733* базе каталога. Међутим, класификације које су коришћене у овој студији за анализу температура ваздуха и падавина на простору Србије, нису биле укључене у њиховој анализи, односно не са истим улазним параметрима. Исти аутори напомињу да генерално у летератури постоји доста нејасноћа око постојаности синоптичких система, позивајући се на Wiedemann et al. (2002) који су утврдили несигнификантан тренд блокирајућих ситуација у сектору Атлантика, али и на студије Gulev et al. (2001) и Trigo (2006) у којима је утврђено значајно смањење у учесталости циклона на простору Европе и Северног Атлантика.



Слика 89. Учесталост (U) у зиму (1961-2000.) за Тип_1, Тип_2 и Тип_3, KRZ9.



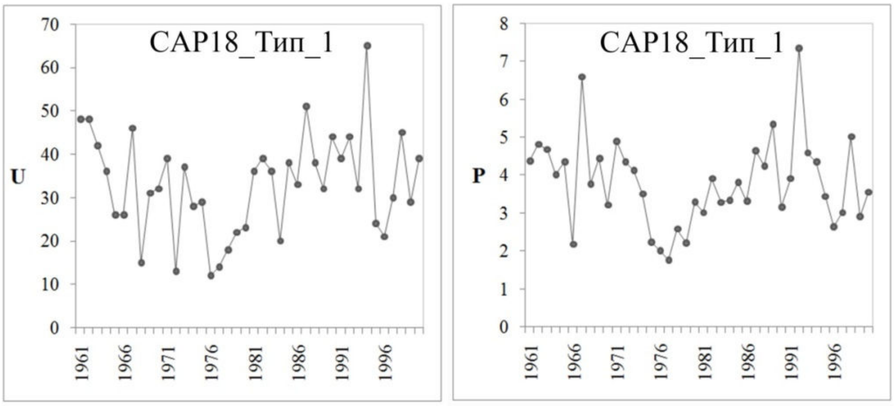
Слика 90. Постојаност (P) на годишњем нивоу (1961-2000.) за Тип_3, KRZ9.

Промене у зоналној циркулацији на простору европског континента су у више наврата препознате као узорник температурних колебања на простору Србије. Неколико студија које се базирају на анализи индекса који описују положај и развијеност акционих центара, као регулатора транспорта ваздушних маса са Атлантског океана у унутрашњост европског континента, истичу да се колебање температуре ваздуха на простору Србије може довести у везу са променама у овим индексима. Посебно се истиче утицај Северно Атлантске Осицилације (North Atlantic Oscillation – NAO индекс) на зимске температуре ваздуха у Србији, затим утицај Источно Атланске Осцилације (East Atlantic Oscillation – EAO индекс) у зиму, лето и пролеће, док Источно Атлантско/Западно Руска Осцилација (East Atlantic/West Russia Oscillation – EAWR индекс) показује корелацију са температурама у јесен на простору Србије (Unkašević and Tošić, 2013; Arsenović et al., 2015; Knežević et al., 2014; Bajat et al., 2015). Користећи Вангенгајм-Гирс типологију циркулације атмосфере, Savić et al. (2015) закључују да се 88-93% варијансе просечних годишњих максималних и минималних температура ваздуха на простору Војводине може објаснити са W циркулационим типом (западна зонална циркулација на европском континенту), а 38-56% са E циркулационим типом (источна циркулација на европском континенту), а најмање са меридијалном циркулацијом на европском континенту.

У погледу типова који су део каталога CAP18 (домен ЈИ Европа) по вредностима тренда и статистичком значају годишње учесталости издвајају се Тип_9 (0,211/год., α = 5%), Тип_12 (0,333/год., α = 5%), Тип_14 (0,200/год., α = 5%) и

Тип_15 (-2,258/год., α = 5%). У погледу сезонских вредности, највеће промене у учесталости типова су добијене за зимску сезону. У зиму, поменути типови задржавају знак тренда и сигнификантност, док од осталих типова сигнификантне негативне вредности се добијају за Тип_16 (-0,108/год., α = 10%), Тип_17(-0,167/год., α = 5%) и Тип_18 (-0,125/год., α = 5%). Осим Типа_14, сви остали типови који се одликују најнижим просечним дневним температурама и припадају групи „хладних” типова (а то су Тип_10, Тип_16, Тип_17 и Тип_18), имају негативан тренд учесталости у зиму. У приземљу Тип_14 одликује блокирајућа ситуација, док остале „хладне” типове на простору Србије одликују циклонски услови са продорима ваздушних маса са североистока и истока. Тип_14 је научесталији међу типовима у зиму, односно у јануару. Из групе умерено хладних, Тип_9 и Тип_12 имају позитиван тренд у зиму, а Тип_15 негативан тренд, у свим случајевима статистички значајан. Тип_9 и Тип_12 одликују антициклонски услови у приземљу, док Тип_15 показује активност Ђеновске циклогенетске области. У јануару позитиван сигнификантан тренд се добија за Тип_12 (0,03/год., α = 5%), а негативан сигнификантан тренд за Тип_16 (-0,085/год., α = 5%). У јулу је позитиван тренд, али без статистичког значаја, добијен за Тип_1 (0,03/год.), док остале типове који се појављују у овом месецу одликује слабо изражен тренд. Као и у случају каталога KRZ9, највеће промене у учесталости типова су добијене за зимску сезону и типове који су у вези са нижим вредностима просечних дневних температура ваздуха. Међутим, чак и са повећањем броја типова, односно са већом детаљношћу у сагледавању одлика циркулације атмосфере, али и мањим просторним доменом, остаје без објашњења тренд за топлију половину године, нарочито за лето. Уколико се на слици 91 погледа годишња учесталост и перзистентност у посматраном периоду за Тип_1, који је најучесталији у лето, уочавају се два субпериода: пад учесталости који је праћен и смањењем постојаности од почетака периода до средине 1970-их, а затим и раст учесталости и постојаности са највишим вредностима у декади 1990-их. Посматрање и проналажење субпериода унутар посматраног периода може допринети бољем разумевању односа циркулација атмосфере-климатске одлике. У анализи сезонских температура ваздуха у Србији, Станојевић (2011) издваја декаду 1960-их и 1990-их у којима је дошло до најзначајних промена – од 1960-е

наступа период нижих температура, да би од 1990-е од у већини случајева дошло до пораста температура у односу на просек 1949-2009. година. У својој анализи годишњих и сезонских температура ваздуха за простор Србије на основу података за 64 станице у периоду 1961-2010. година, Bajat et al. (2015) утврђују за „тачку" промене 1989. годину на већини станица. Посматрајући период пре и после преломне године, поменути аутори добијају негативан (позитиван) тренд температура у односу на ову годину.



Слика 91. Учесталост (U) и постојаност (P) на годишњем нивоу (1961-2000.) за Тип_1, CAP18.

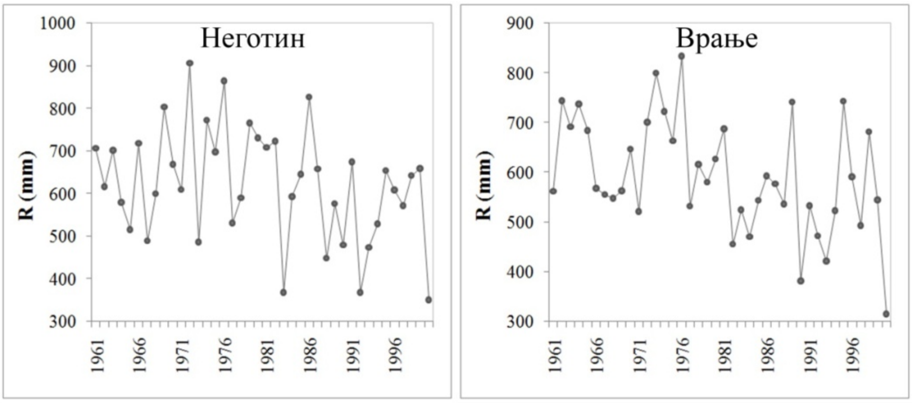
За каталог CAP27 (домен ЈИ Европа), статистички значајне вредности тренда годишње учесталости се добијају за Тип_19 (-0,20/год., α = 5%), Тип_21 (0,23/год., α = 5%), Тип_22 (-0,2/год., α = 5%), Тип_23 (-0,11/год., α = 10%) и Тип_25 (0,20/год., α = 5%). У пролеће статистички значајан позитиван тренд је добијен једино за Тип_21 (0,05/год., α = 10%), а у лето Тип_1 (0,19/год., α = 10%). У јесен, позитиван сигнификантан тренд је добијен за Тип_5 (0,07/год., α = 5%), Тип_13 (0,06/год., α = 10%) и Тип_25 (0,03/год., α = 5%), а негативан сигнификантан тренд за Тип_10 (-0,10/год., α = 10%). Зима је сезона у којој више типова показује промене у учесталости. Статистички значајне позитивне вредности тренда су добијене за Тип_16 (0,20/год., α = 5%), Тип_17 (0,06/год., α = 10%), Тип_21 (0,14/год., α = 5%) и Тип_25 (0,14/год., α = 5%), а негативне вредности за Тип_19 (-0,17/год., α = 5%), Тип_22 (-0,14/год., α = 5%) и Тип_27 (-0,10/год., α = 5%), односно „веома хладни" и „хладни" типови имају негативне вредности тренда учесталости, а „умерено хладни" позитивне трендове учесталости у зиму. У

јануару статистички значајне вредности тренда се добијају једино за Тип_22 (-0,06/год., α = 5%). У јулу Тип_1 има позитиван, али несигнификантан тренд (0,06/год.), а остали типови показују слабо изражен тренд. Према одликама циркулације атмосфере које представљају и смера промене учесталости, наведени типови одговарају типовима из каталога CAP18 за које су такође утврђене сличне промене у учесталости.

8.2. Тренд падавина

Тренд годишњих падавина на анализираним станицама у Србији указује на извесну поларизованост позитивних и негативних вредности тренда у меридијалном правцу. Позитивне вредности тренда су добијене за станице у западној половини Србије (изузетак је Сремска Митровица), а негативне за станице у источној половини Србије. За линију раздвајања би се условно могло узети 21,5°E. Статистички значајне вредности тренда за годишње падавине добијене су за станице на којима је утврђен негативан тренд: Рудник (-4,774 mm/год., α = 10%), Неготин (-3,255 mm/год., α = 10%), Жагубица (-2,747 mm/год., α = 10%), Књажевац (-3,149 mm/год., α = 5%), Александровац (-3,867mm/год., α = 5%), Пирот (-3,950 mm/год., α = 5%), Димитровград (-2,913 mm/год., α = 5%) и Врање (-4,330 mm/год., α = 5%). Посматрано по сезонама у току године, негативан тренд је заступљен на већини станица у зиму и пролеће (изузетак су Златибор, Копаоник и Сјеница са позитивним, али статистички несигнификантним вредностима тренда). У лето доминирају позитивне вредности тренда на већини станица, док се негативне вредности задржавају на станицама на истоку и југоистоку Србије и на појединим станицама у централним (станице Рудник, Крагујевац и Ћуприја) и југозападним деловима Србије (станице Златибор, Копаоник и Нови Пазар). Упркос позитивним трендовима за лето, анализа за јун указује на негативне вредности тренда на већини станица, премда са малим вредностима и без статистичког значаја. У јесен негативан тренд се задржава само на станицама у источној и југоисточној Србији, док на осталим станицама је утврђен позитиван тренд падавина. Најдоминантнија одлика тренда падавина у Србији су негативне вредности како на годишњем, тако

и на сезонском нивоу на простору источног и југоисточног дела Србије. На слици 92 су приказане годишње падавине у посматраном периоду на станицама Неготин и Врање. Смањење годишњих падавина је евидентно.



Слика 92. Падавине (R) на годишњем нивоу (1961-2000.) у Неготину и Врању.

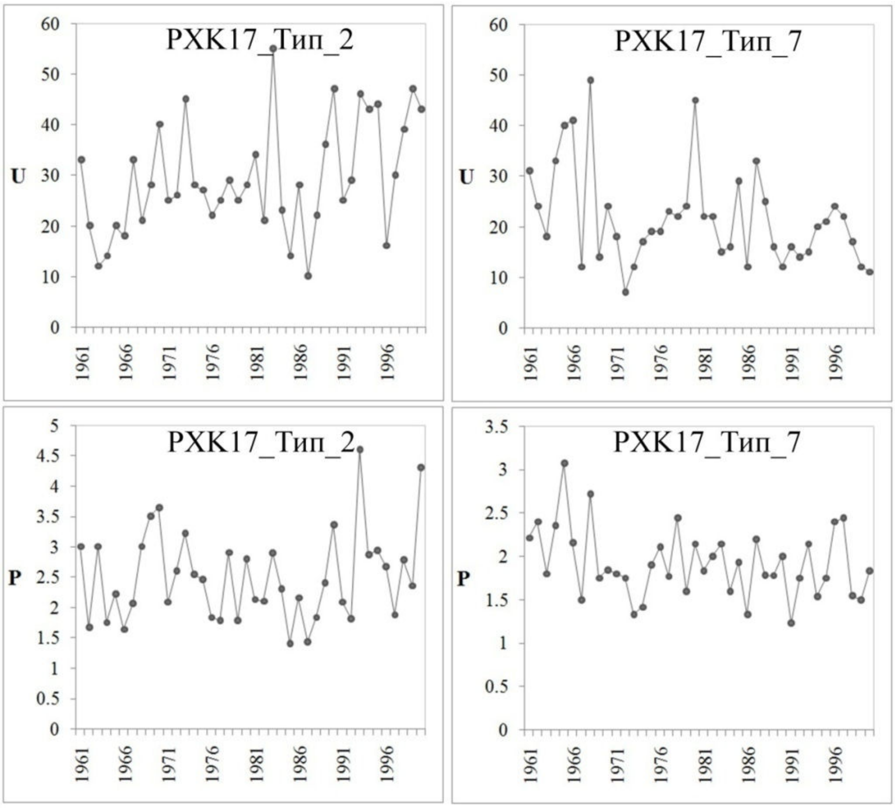
Добијени резултати за трендове годишњих и сезонских вредности падавина у Србији су сагласни са резултатима других студија. У анализи годишњих падавинских сума за 27 станица на простору Србије у периоду 1951-2010. година, Станојевић (2012) увврђује да североисток, исток и југоисток Србије показује негативне вредности тренда, док је за остали део Србије утврђен позитиван тренд падавина, са највишим вредностима на западу и југозападу Србије. До сличних резултата долазе и Luković et al. (2014) у анализи са већим бројем станица (63 станице) и за период 1961-2009. година, као и Tošić et al. (2014) у студији падавинских трендова за 92 станице на простору Војводине у периоду 1946-2006. година. На основу анализе падавина за лето и зиму користећи податке за 30 станица у Србији и Црној Гори за период 1951-2000. година, Tošić (2004) указује на негативан тренд падавина у зиму, као и да је велико-скална циркулација водећи фактор варијабилности падавина у лето и зиму. Unkašević and Tošić (2011) закључују да је позитиван тренд падавина у топлијој половини године резултат повећане учесталости и интензитета екстремних падавинских догађаја. Tošić et al. (2014) истичу да се позитиван тренд падавина у току лета (период 1946-2009.) може објаснити повећањем падавинских интензитета, нарочито од 1970. године и да генерално расте удео падавина од екстремних догађаја у укупним годишњим падавинама. Проучавајући суше, Tošić and Unkašević (2014) проналазе да се

дужина сушних периода повећава од севера ка југу Србије. Резултати за простор Србије су сагласни са резултатима других студија за европски или глобални ниво (Groissman et al., 1999; Booij, 2002; Klein Tank and Können, 2003)

Анализом трендова годишње учесталости типова за каталог PXK17 (домен Европа) је утврђено да типови који по условима влажности на простору Србије припадају групама „више влажни" и „умерено влажни" показују негативне вредности тренда и слабо изражен тренд у посматраном периоду, док типови који припадају групи „мање влажни" имају позитивне трендове (уз мања одступања). Међутим, у већини случајева ради се о нижим и статистички несигнификантним вредностима тренда. Међу типовима, по статистичком значају тренда издвајају се Тип_2 и Тип_7. Тип_2 одликује позитиван статистички значајан тренд од 0,412/год. (α = 0,05%) за годишње вредности учесталости, док за зиму 0,321/год. (α = 0,05%). Овај тип циркулације атмосфере има највећу учесталост међу типовима у току зиме, док је у јесен један од најучесталијих типова, а по просечним дневним падавинама припада групи мање влажних типова. У приземљу га одликује зонални ваздушни ток на простору европског континента који се на простору Србије манифестује ваздушним продорима са северозапада. На слици 93 је представљена годишња учесталост овог типа. Премда је добијен позитиван тренд за цео период, у вишегодишњој расподели учесталости увиђају се два минимума и два максимума - минимуми у декади 1960-их и 1980-их и максимуми током 1970-их и у 1990-им. Анализирајући годишње падавине на простору Србије за период 1951-2010. година Станојевић (2012) износи неколико закључака: а) на већини станица је утврђено смањење падавина од декаде 1970-их и повећање падавина од декаде 1990-их и б) одступања су најизразитија за станице у западном и југозападном делу Србије код којих је пораст падавина забележен почев од декаде 1980-их, што је допринело високо сигнификантним позитивним вредностима линеарног тренда за цео период, док је за станице на југ/југоистоку Србије овај пораст евидентан тек у декади 2000-а што је допринело да линеарни тренд показује негативне сигнификантне вредности за цео период. Занимљиво је то што је Тип_2 по расподели ваздушног притиска веома сличан Типу_3 из KRZ9 каталога (домен Европа), код кога међутим нису примећени

субпериоди повећане односно смањене учесталости, али јесу код код Типа_1 који припада каталогу CAP18 (домен ЈИ Европа), али који је карактеристичан за топлији део године. То доводи до закључка да код типологија са мањим бројем типова многе ситуације остају прикривене просечном расподелом притиска за све догађаје унутар типова, док је са већим бројем типова могуће детаљније сагледати особености циркулације атмосфере и у погледу просторне, али и временске компоненте варијабилности. Колебање падавина на простору Србије је најчешће анализирано применом NAO индекса. Утврђена је негативна корелација између NAO индекса и падавина у зиму, односно негативан тренд падавина у зиму се доводи у везу са позитивном фазом NAO индекса у последњим декадама током којих простор Југоисточне Европе генерално прима мање падавина (Tošić, 2004; Tošić and Unkašević, 2013; Tošić et al., 2014).

Тип_7 се одликује статистички значајним негативним трендом за вредности учесталости на годишњем нивоу од -0,200/год. (α =1 0%). Супротно Типу_2, у вишегодишњој расподели учесталости увиђа се минимум у средини посматраног периода, односно у 1970-им које следи после периода веће учесталости, а после чега такође долази период повећане учесталости (слика 93). Такође, негативан тренд је присутан и у пролеће (-0,125/год., α = 10%). Тип_7 је један од учесталијих у пролеће и одликују га антициклонални услови у приземљу у већем делу Европског континента. Осим Типа_2, у зиму статистички значајан тренд имају Тип_14 (-0,118/год., α = 10%), Тип_16 (-0,167/год., α = 10%) и Тип_17 (-0,111/год, α = 5%). Тип_14 је заступљен у прелазним сезонама и припада групи „умерено влажни" типови. Одликују га циклонални услови у источној половини европског континента укључујући и простор Србије који је под утицајем продора из северног квадранта и у приземној и висинској ваздушној струји којом се транспортује влажан ваздух са Атлантика. Тип_16 и Тип_17 одликују антициклонални услови на простору Србије и припадају групи „мање влажних" типова. У јуну статистички значајан позитиван тренд је утврђен за Тип_3 (0,082/год., α = 10%) и Тип_12 (0,034/год., α = 10%). Тип_3 је један од заступљенијих типова у јуну и одликују га ваздушни продори са северозапада, док Тип_12 антициклонски услови на простору Србије.



Слика 93. Учесталост (U) и постојаност (P) на годишњем нивоу за Тип_2 и Тип_7, РХК17.

За разлику од РХК17, у случају каталога РХЕ18 (домен ЈИ Европа) није могуће извести генералан закључак о знаку тренда и условима влажности у Србији, међутим многи типови се одликују статистички значајним вредностима тренда, било да су у питању позитивне или негативне вредности. Из групе „више влажни" типови са позитивним, статистички значајним, трендом годишње учесталости се одликују Тип_2 (0,238/год., α = 10%), Тип_7 (0,117/год., α = 10%) и Тип_18 (0,089/год., α = 10%), док статистички значајним негативним трендом се одликују Тип_8 (-0,162/год., α = 10%) и Тип_12 (-0,164/год., α = 10%). Из групе „мање влажни" типови са позитивним статистички значајним трендом се одликују Тип_3 (0,333/год., α = 5%) и Тип_11 (0,227/год., α = 10%). Код групе „умерно влажни", статистички значајан позитиван тренд има Тип_6 (0,188/год., α = 10%), а негативан Тип_10 (-0,232/год., α = 5%) и Тип_13 (-0,209/год., α = 5%). Одлике тренда типова на годишњем нивоу се преносе и на сезоне. Изузетак је Тип_4 који на годишњем нивоу има негативан тренд (али без статистичког значаја), а у зиму

позитивну вредност тренда. Генерално, на сезонском нивоу највише статистички значајне промене у учесталости су добијене за зиму и то за Тип_4 (0,313/год., α = 5%), Тип_11 (0,235/год., α = 5%) и Тип_13 (-0,182/год., α = 5%). Тип_4 и Тип_11 припадају групи „мање влажни” типови и доминантнији су по учесталости у зиму. Тип_4 се одликује антициклонском блокирајућом ситуацијом на простору Источне Европе, док Тип_11 у приземљу одликује северозападни ваздушни ток, а на висини продор ваздуха са севера. Тип_13 одликује активност Ђеновске циклогенетске области и југозападни ваздушни продори и у приземљу и у висинској ситуацији. У пролеће, Тип_3 (који је најучесталији међу типовима у овој сезони) и Тип_6 имају позитивне трендове како у учесталости, тако и у постојаности. Оба типа припадају групи „мање влажни” типови, при чему се се оба типа одликују системима високог притиска у Средњој Европи условљавајући продоре ваздушних маса са севера на простору Србије. Ови системи делују блокирајуће за маритимне ваздушне масе са Атлантика, па се њихов позитиван тренд може довести у везу са смањењем падавина у пролеће. Тип_1 има такође позитиван тренд у пролеће, као и Тип_18, али без већих промена у учесталости, док Тип_10 и Тип_12, имају негативне трендове учесталости у пролеће, али са слабије израженим негативним трендовима постојаности. У лето Тип_2 има позитиван тренд учесталости (0,207/год.), који је добијен и за јун (0,095/год., α = 10%), када је једини тип са статистички значајним вредностима тренда. Овај тип се одликује антициклонским условима у приземљу, односно утицај Азорског антициклона се преноси на већи део Европе у току лета што је видљиво и на мањем просторном домену. По висини падавина припада групи „више влажни” типови. У јесен, Тип_6, који је најучесталији међу типовима у јесен, има позитиван тренд учесталости као у пролеће. Од осталих типова позитиван тренд учесталости у јесен имају Тип_7 (0,061/год., α = 5%) и Тип_15 (0,063/год., α = 5%), а негативан Тип_13 (-0,063/год., α = 5%).

9. ЗАКЉУЧАК

Познавање одлика циркулације атмосфере помаже у разумевању временских и климатских услова на одређеном простору. Класификовање њених појавних облика је корак ка поједностављењу сложеног комплекса физичких механизама којима се обавља размена ваздушних маса у природи. Развој рачунара је омогућио аутоматизовану примену различитих класификационих метода на скуповима података велике просторно-временске резолуције, а резултат тога је велики број типологија циркулације атмосфере. Значајан корак у стандардизацији каталога циркулационих типова је њихово извођење са истим улазним подацима – класификованим варијаблама, бројем типова и истим просторно-временским обухватом. У првом делу овог истраживања урађено је поређење каталога циркулационих типова према особинама учесталости и постојаности типова, а затим је урађена њихова оцена како би се издвојили они који су најповољнији за анализу температура ваздуха и падавина у Србији. Дневни ниво је основна временска јединица посматрања у овом истраживању, тј. класификоване су дневне вредности ваздушног притиска за оба просторна класификациона домена (Европа и ЈИ Европа), док су за простор Србије коришћене дневне вредности температура ваздуха, укључујући и дневне максималне и минималне температуре, као и дневне вредности падавина. Основно начело је да је најбоља она типологија која најбоље стратификује температурне и падавинске догађаје, односно варијанса догађаја унутар типова је најмања могућа, док је између типова највећа могућа. Према наведеним критеријумима, а применом одговарајућих метода, најбоље резултате за температуре ваздуха су показали каталози KRZ9 (домен Европа), CAP18 и CAP27 (домен ЈИ Европа). У случају падавина то су каталози PXK17 (домен Европа) и PXE18 (домен ЈИ Европа). У основи свих ових каталога је метода анализа главних компоненти, при чему је класификациони поступак довршен применом нехијерархијске k-means кластер методе (осим код KRZ типологије која је заснована само на анализи главних компоненти). Када је реч о класификованим варијаблама, увођење висине геопотенцијалног поља од 500 hPa даје боље резултате у односу када се посматра само расподела ваздушног притиска на нивоу мора. У погледу броја типова најоптималнији резултати се

добијају код каталога са 18 типова, односно са 9 типова се добија превише уопштена представа о циркулацији атмосфере, а са 27 типова је присутно понављање, при чему велики број типова отежава тумачења. И домен Европа и домен ЈИ Европа пружају довољно информација за анализу просторно-временске варијабилности температура ваздуха и падавина у Србији. Циркулациони услови за мањи домен (ЈИ Европа), који има у средишту простор Балканског полуострва, односно Југоисточну Европу, су „изоштрена“ слика деловања система ваздушног притиска на ширем подручју, односно у већем домену (Европа) тј. у Северно-атлантском-европском сектору. Такође, са мањим просторним доменом је могуће препознати и издвојити као посебне типове системе ваздушног притиска са затвореном циркулацијом, тј. циклонима (понекад са великом вертикалном развијеношћу која се уочава и у средини тропосфере), а који су веома значајни за анализу екстремних догађаја, у случају падавина посебно.

Разврставање типова према температурним условима, као и према висини падавина, уз мале вредности коефицијената варијације станичних вредности на простору Србије за догађаје унутар типова, потврђује правилан одабир каталога циркулационих типова, али и значај циркулације атмосфере и за измерене вредности посматраних климатских елемената, али и као фактора регионалне климатске варијабилности. Препознати су циркулациони услови који су у вези са температурним и падавинским догађајима изнад или испод просека, односно „умереним” условима. Такође, издвојени су циркулациони типови са највећом ефективношћу за екстремне догађаје. То омогућава извођење неколико генералних закључака. У току лета, дневне температуре изнад просека се јављају у условима стабилне атмосфере тј. антициклонских услова са интензивним продором топлог ваздуха са југозапада. Генерално, продор ваздушних маса из јужног квадранта је у вези са вишим дневним температурама ваздуха у свим сезонама. Продори хладног ваздуха са севера и истока Европе су у вези са температурама ваздуха испод просека. У току лета при северозападним ваздушним продорима, образују се конвективне падавине на хладном ваздушном фронту у хладном ваздуху. Тада су дневне падавине изнад просека. Такође, за југозападне продоре и у приземљу и у средишњим деловима тропосфере су

утврђене више дневне падавине. Циклонска активност у источном Средоземљу и у области Црног мора је у вези са изнад просечним дневним падавинама. Такође, затворена циклонска циркулација на простору Балканског полуострва је у вези са највишим дневним падавинама. Препознавање ових ситуација омогућава примену у студијама које се баве различитим појавама и процесима у животној средини, а нераздвојиви су од времена и климе.

Упркос томе што представља ново истраживачко поље, климатска „спацијализација" са циркулацијом атмосфере као главном експланаторном варијаблом значајно доприноси у анализи просторне расподеле температура ваздуха и падавина, о чему сведоче и резултати ове студије. Геостатистичке методе интерполације омогућавају просторну предикцију посматране (регионализоване) варијабле уз могућност дефинисања утицаја већег броја фактора (предиктора) који на њу утичу. Разматран је и утицај географске ширине и дужине, надморске висине, као и удаљеност од извора влаге у случају падавина. Примена методе регресионог кригинга у овој студији је дала задовољавајуће резултате у већини случајева (по критеријуму да су добијене вредности коефицијената детерминације ≥ 0,85). За температуре ваздуха, у највећем броју циркулационих типова, надморска висина има доминантан утицај на просторну расподелу, док у случају падавина, просторна расподела је у великој мери одређена правцем из кога долазе ваздушне масе, односно удаљеношћу од извора влаге. Примећено је да у случају антициклонских услова у току зиме, када настају температурне инверзије условљене орографским факторима, модел просторне предикције температура ваздуха не даје задовољавајуће резултате. У том смислу будуће студије имају задатак управо идентификовање ових ситуација са много већим бројем предиктора који могу помоћи у дефинисању особености локалног терена, а самим тим побољшати сазнања о просторном моделу расподеле климатских елемената. Такође, рад са дневним вредностима омогућава препознавање ових ситуација које је немогуће издвојити са месечним и годишњим вредностима. Приметно је и да се највеће вредности кригинг варијансе (као оцене успешности просторне предикције) добијају за простор Косова и Метохије, и то нарочито у случају падавина. Први разлог је свакако тај што недостају подаци за

овај простор, а други да је просторна предикција падавина комплексна, нарочито у случају дневних вредности и захтева познавање широког спектра фактора који на њу утичу (од путања ваздушних маса до особености локалног терена). Такође, просторна расподела температура ваздуха и падавина при екстремним догађајима осликава особености ваздушних маса под чијим утицајем се налази простор Србије. У зиму, при интензивним продорима веома хладног ваздуха са севера дневни температурни минимуми се премештају од севера ка југу Србије. У току лета, при постојаним антициклонским условима и продору топлог ваздуха са југозапада, температуре ваздуха су знатно изнад просека на простору целе Србије. Утврђено је да за време северозападних продора дневни максимални падавински интензитети се премештају са северозапада ка југозападу Србије, док при циклонским условима максимуми падавина су заступљени у средишњем делу Србије, у читавој зони од запада ка истоку.

Познавање временске компоненте варијабилности (тренда) учесталости и постојаности циркулационих типова је важно за разумевање промена у температурама ваздуха и падавинама. Најдоминантнија одлика колебања температура ваздуха у периоду 1961-2000. година је позитиван тренд у пролеће, лето и зиму, док је у јесен негативан тренд на већини станица са сигнификантним негативним вредностима на североистоку, истоку и југоистоку Србије. У случају падавина, за већину анализираних станица у зиму и пролеће је добијен позитиван тренд, док је за лето и јесен добијен негативан тренд, при чему је за источни и југоисточни део Србије утврђен негативан тренд падавина у свим сезонама. Анализа трендова учесталости циркулационих типова је показала највеће промене за типове који су доминантнији у зимској сезони, при чему се у највећем броју случајева ради о типовима где су одлике циркулације атмосфере представљене западним зоналним током за већи део Европе са северозападном компонентом изнад Србије. У зиму, типови који се одликују продором хладног ваздуха са простора Источне Европе и који су у вези са температурним условима испод просека имају негативне трендове учесталости, док типови који се одликују северозападним продорима за простор Србије и температурама изнад просека имају високо позитивне сигнификантне вредности. Међутим, у јесен када већина

станица показује негативне вредности тренда температура ваздуха, ови типови имају негативан тренд. Код падавина, промене се такође могу довести у везу са променама у учесталости типова код којих су циркулационе одлике у вези са северозападним продорима ваздушних маса. Утврђено је да су промене у учесталости праћене променама у постојаности циркулационих типова. Иако не постоји сагласност у постојећим студијама које анализирају постојаност синоптичких система у сектору Северног Атлантика и Европе, генерално повећана постојаност се може довести у везу са екстремним догађајима, тј. њиховом учесталошћу и интензитетом. Тако би се потврдили резултати више студија у којима је утврђено да су промене у просечним температурама и падавинама на простору Србије последица промена у њиховим екстремним вредностима. Додатна објашњења могу ићи и у правцу издвајања субпериода унутар посматраног периода са повећаном/смањеном учесталошћу и постојаношћу типова, односно периоди са порастом/опадањем температура и падавина. У том смислу, постоји извесна подударност са студијама у којима су издвајани периоди са позитивним и негативним фазама у индексима циркулације атмосфере као што су NAO, EAO и EAWR. На основу свега изнетог се може закључити да се промене у трендовима могу довести у везу са променама које настају као последица активности акционих центара који регулишу и зоналну и меридијалну размену ваздушних маса на простору Европе.

Према добијеним резултатима у овом истраживању потврђене су све три полазне хипотезе:

а) циркулација атмосфере је значајан фактор временских и климатских услова у Србији;

б) каталози циркулационих типова су користан алат у анализи одлика циркулације атмосфере;

в) температуре ваздуха и падавине на простору Србије показују просторно-временску варијабилност која је последица одлика циркулације атмосфере.

Поред анализиране проблематике у овом истраживању, намећу се и истраживачки задаци за будућност у циљу побољшања и унапређења овде приказаних резултата. То су:

а) извођење каталога циркулационих типова за дужи период. Обухваћен период овом студијом је 1961-2000. година као последица ограничења периода са ERA-40 базом података (01. децембар 1957.-31. август 2002. године). С обзиром на то да су идентификоване типологије које дају најбоље резултате за простор Србије, један од задатака је и њихова примена на дужем периоду, односно за период после 2000. тј. 2002. године применом других расположивих база података.

б) увођење у класификациони процес додатних нивоа у висинској расподели ваздушног притиска. У овој студији су коришћени подаци за расподелу ваздушног притиска на нивоу мора и висина геопотенцијалног поља од 500 hPa. Huth et al. (2008) наводе да се увођењем вишеструких нивоа не постиже добијање нових информација због високог степена корелације између њих. Свакако би то могло бити предмет провере у будућим студијама, односно да ли услови у вишим и нижим слојевима тропосфере могу проширити сазнања о утицају циркулације атмосфере на време и климу у Србији.

в) разматрање прелазних стања између циркулационих типова. У овој студији није разматран прелаз између типова, односно смена једних типова другим. Ово је такође значајно истраживачко питање, а може се довести у везу са одликама времена, у овом случају конкретно за простор Србије.

г) рад са већим бројем предиктора расподеле температура и ваздуха што би омогућило прецизније дефинисање просторних односа. Доступност геореференцираних података о коришћењу земљишта, као и морфологија простора (експозиција, нагиб терена) у ближем окружењу метеоролошких станица (тзв. бафери у пречнику 1 km, 2 km, 5 km и/или 10 km око станице) заснивајући се на подацима дигиталног модела терена. Неколико студија за различите просторе на нивоу Европе истичу предности коришћења и ових података (Final report, COST Action 719, 2008).

д) анализа трендова као допринос у разумевању тематике климатских промена. Као што је већ приказано, анализа учесталости и постојаности циркулационих типова помаже у разумевању савремених климатских промена, међутим

типологије циркулације атмосфере су користан алат за анализу одлика климатских услова у прошлости на основу реконструисаних података о расподели ваздушног притиска (Schmutz and Wanner, 1998; Luterbacher et al., 2002; Ansell et al., 2006), али и за моделовање климатских услова у будућности са предикцијама глобалних циркулационих модела (Crane and Barry, 1988; Saunders and Byrne,1996; Huth, 2000; McKendry et al., 2006; Demuzere et al. 2009b). У том смислу издвојене типологије у овом истраживању би могле наћи премену и у тој области, са акцентом на простор Србије.

Могућности примене резултата ове студије могу ићи у неколико праваца:
а) примена у климатској регионализацији за простор Србије;
б) анализа екстремних климатских догађаја, као што су топли/хладни таласи, поплаве/суше итд., тј њихова учесталост, интензитет, тренд итд.;
в) примењена истраживања, тј разматрање утицаја температура ваздуха и падавина на различите компоненте животне средине на простору Србије. Постоји неколико студија које говоре о могућностима примене каталога циркулационих типова у анализама загађености ваздуха и концентрације атмосферских аеросоли (Makra et al., 2005; Makra et al., 2007; Stefan et al., 2010), шумских пожара (Kassomenos, 2010), поплава (Prudhomme and Genevier, 2011), атмосферских непогода као што је грмљавина (Pineda et al., 2010), утицаја топлих таласа на здравље и морталитет људи (Kyselý and Huth, 2010) итд.

На основу свега изнетог намећу се и следећи закључци. Обрађена проблематика у овој студији представља актуелно истраживачко поље у синоптичкој климатологији, са методологијом истраживања која до сада није била примењена на подацима за Србију. Актуелност истраживања се огледа како у проширивању фундаменталних сазнања о времену и клими у Србији, тако и у апликативној функцији која ће добити на значају у будућности применом овде приказаних резултата.

СПИСАК ТАБЕЛА

СПИСАК СЛИКА

10. ЛИТЕРАТУРА

Анђелковић, Г. (2007). Температурне прилике у јулу 2007. године као екстремна климатска појава у Србији. *Гласник српског географског друштва, 87*(2), 51-62.

Ansell, T. J., Jones, P. D., Allan, R. J., Lister, D., Parker, D. E., Brunet, M., *et al.* (2006). Daily mean sea level pressure reconstructions for the European-North Atlantic region for the period 1850–2003. *Journal of Climate, 19*(2), 2717-2742.

Arsenović, P., Tošić, I., & Unkašević, I. (2015). Trends in combined climate indices in Serbia from 1961 to 2010. *Meteorology and Atmospheric Physics, 127*(4), 489-498.

Bajat, B., Blagojević, D., Kilibarda, M., Luković, J., & Tošić, I. (2015). Spatial analysis of the temperature trends in Serbia during the period 1961-2010. *Theoretical and Applied Climatology, 121*(1-2), 289-301.

Bárdossy, A. & Caspary H. J. (1990). Detection of climate change in Europe by analyzing European atmospheric circulation patterns from 1881 to 1989. *Theoretical and Applied Climatology, 42*(3), 155-167.

Barry, R. G. & Perry, A. H. (1973). *Synoptic climatology. Methods and applications.* London: Methuen.

Bartholy, J. & Pongrácz, R. (2007). Regional analysis of extreme temperature and precipitation indices for the Carpathian Basin from 1946 to 2001. *Global and Planetary Change, 57*(1-2), 83-95.

Bartholy, J., Pongracz, R., & Gelybo, G. (2009). Climate Signals of the North Atlantic Oscillation Detected in the Carpathian Basin. *Applied Ecology and Environmental Research, 7*(3), 229-240.

Baur, F., Hess, P., & Nagel, H. (1944). *Kalender der Grosswetterlagen Europas vom 1-1-1881 bis 31-12-1943*. Bad Homburg v.d.H.

Beck, C. (2000). Zirkulationsdynamische Variabilität im Bereich Nordatlantik-Europa seit 1780 (Variability of circulation dynamics in the North-Atlantic–European region, in German). *Würzburger Geographische Arbeiten, 95*.

Beck, C., Jacobeit, J., & Jones, P. D. (2007). Frequency and within-type variations of large-scale circulation types and their effect on low-frequency climate variability

in Central Europe since 1780. *International Journal of Climatology, 27*(4), 473-491.

Beck, C. & Philipp, A. (2010). Evaluation and comparison of circulation type classifications for the European domain. *Physics and Chemistry of the Earth, 35*(9-12), 374-387.

Biau, G., Zorita, E., Storch, H. v., & Wackernagel, H. (1999). Estimation of precipitation by kriging in the EOF space of the sea level pressure field. *Journal of Climatology, 12*(4), 1070-1085.

Билић, В. (1978). *Клима и људска делатност: на примеру Лозница*. Београд: Туристичка штампа.

Bissolli, P. & Müller-Westermeier, G. (2005). The spatial Distribution of Precipitation in Germany for different Weather Types. COST Action 733, Proceedings from: *The 5th Annual Meeting of the European Meteorological Society, Session AW8 – Weather types classifications* (Eds. Tveito, E. O. & Pasqui, M.), 12-16 September 2005, Utrecht, Netherlands, 27-37.

Blair, D. (1998). The Kirchhofer technique of synoptic typing revisited. *International Journal of Climatology, 18*(14), 1625-1635.

Booij, M. J. (2002). Extreme daily precipitation in Western Europe with climate change at appropriate spatial scales. *International Journal of Climatology, 22*(1), 69-85.

Buishand, T. A. & Brandsma, T. (1997). Comparation of circulation classification schemes for predicting temperature and precipitation in the Netherlands. *International Journal of Climatology, 17*(8), 875-889.

Burrough, P. A. & McDonnell, R. A. (1998). *Principles of Geographical Information Systems*. Oxford: Oxford University Press.

Čadež, M. (1954). Analiza vremena u FRJ Jugoslaviji u 1951. godini. *SHMS FRRJ, Rasprave i studije, 5*, str. 39.

Čadež, M. (1964). Vreme u Jugoslaviji. PMF, Beograd, Meteorološki zavod, *Rasprave, 4*, str. 80.

Calinski, T. & Harabasz, J. (1974). A dendrite method for cluster analysis. Communications in Statistics*, 3*(1), 1-27.

Cahynová, M. & Huth, R. (2009). Enhanced lifetime of atmospheric circulation types over Europe: fact or fiction*? Tellus, 61A*, 407-416.

Cahynová, M. & Huth, R. (2010). Circulation vs. climatic changes over the Czech Republic: A comprehensive study based on the COST733 database of atmospheric circulation classifications. *Physics and Chemistry of the Earth*, *35*(9-12), 422-428.

Casado, M. J., Pastor, M. A., & Doblas-Reyes, F. J. (2010). Links between circulation types and precipitation over Spain. *Physics and Chemistry of the Earth*, *35*(9-12), 437-447.

Cony, M., Hernandez, E., & Del Teso, T. (2008). Influences of synoptic scale in generation of extremely cold days in Europe, *Atmósfera, 21*(4), 389-401.

Cortesi, N., Trigo, R. M., González-Hidalgo, J. C., & Ramos, A. M. (2013). Modeling monthly precipitation with circulation weather types for a dense network of stations over Iberia. *Hydrology and Earth System Sciences, 17*(2), 665-678.

Crane, R. G. & Barry, R. G. (1988). Comparison of the MSL synoptic pressure patterns of the Arctic as observed and simulated by the GISS general circulation model. *Meteorology and Atmospheric Physics, 39*(3), 169-183.

Demuzere, M., Trigo, R. M., Vila-Guerau de Arellano, J., & van Lipzig, N. P. M. (2009a). The impact of weather and atmospheric circulation on O3 and PM10 levels at a rural mid-latitude site. *Atmospheric Chemistry and Physics, 9*, 2695-2714.

Demuzere, M., Werner, M., van Lipzig, N. P. M., & Roeckner, E. (2009b). An analysis of present and future ECHAM5 pressure fields using a classification of circulation patterns. *International Journal of Climatology, 29*(12), 1796-1810.

Dobech, H., Tveito, O. E., & Bessemoulin, P. (2001). Geographical information system in climatological application - Final Report of Project no. 5 in the framework of the climatological projects in the applications area of ECSN. *DNMI Report 13/01 KLIMA*.

Dobrilović, B. (1960). Visinsko strujanje iznad Jugoslavije i prizemni karakteristični vetrovi. PMF, Beograd, *Rasprave, 3*, str. 144.

Dobrilović, B. (1978). Strujanje i vlažnost u donjoj troposferi iznad Jugoslavije. *SHMS, Prilozi poznavanju vremena i klime SFRJ, Sveska, 7,* str. 164.

Domonkos, P., Kyselý, J., Piotrowicz, K., Petrovic, P., & Likso, T. (2003). Variability of extreme temperature events in South-Central Europe during the 20th century

and its relationship with large-scale circulation. *International Journal of Climatology, 23*(9), 987-1010.

Дуцић, В. & Радовановић, М. (2005). *Клима Србије*. Београд: Завод за уџбенике и наставна средства.

Дуцић, В., Луковић, Ј., & Миловановић, Б. (2008). Промене температура и падавина у Србији у другој половини XX века у склопу глобалних климатских промена. *Завод за заштиту природе Србије*, *Први симпозијум „Заштита природе у Србији”, Заштита природе, 60*(1-2), 641-653.

Дуцић, В. & Станојевић, Г. (2010). Утицај Сунчевог ветра на атмосферску циркулацију на примеру Хес-Брезовски класификације. *Београдска школа метеорологије, Свеска III*, 297-315.

Дуцић, В., Луковић, Ј., & Станојевић, Г. (2010а). Циркулација атмосфере и колебање падавина у Србији у периоду 1949-2004. *Гласник Српског географског друштва, 90*(2), 85-107.

Дуцић, В., Станојевић, Г., & Иконовић, В. (2010б). Циркулација атмосфере и колебање температуре ваздуха у Србији у периоду 1949-2004. *Зборник радова Географског факултета, св. LVIII*, 11-28.

Ducić, V., Luković, J., Burić, D., Stanojević, G., & Mustafić, S. (2012). Precipitation extremes in the wettest Mediterranean region (Krivošije) and associated atmospheric circulation types. *Natural Hazards and Earth System Science, 12*(3), 687-697.

Easterling, D. R. & Horton, B. (1997). Maximum and minimum temperature trends for the globe. *Science, 227*(5324), 364-367.

Easterling, D. R., Evans, L. G., Groisman, P. Y., Karl, T. R., Kunkel, K. E., & Ambenje, P. (2000). Observed variability and trends in extreme climate events: a brief review. *Bulletin of the American Meteorological Society, 3*, 417-425.

Enke, W. & Spekat, A. (1997). Downscaling climate model outputs into local and regional weather elements by classification and regression. *Climate Research, 8*(3), 195-207.

Erpicum, M., Mabille, G., & Fettweis, X. (2008). Automatic synoptic weather circulation types classification based on the 850 hPa geopotential height. *Book of Abstracts COST 733 Mid-term Conference*, Advances in Weather and

Circulation Type Classifications & Applications, 22–25 October 2008 Krakow, Poland, pp. 33.

Esteban, P., Jones, P. D, Martín-Vide, J., & Mases, M. (2005). Atmospheric circulation patterns related to heavy snowfall days in Andorra, Pyrenees. *International Journal of Climatolology 25*(3), 319-329.

Esteban, P., Martin-Víde, J., & Mases, M. (2006). Daily atmospheric circulation catalogue for Western Europe using multivariate techniques. *International Journal of Climatology, 26*(11), 1501-1515.

Fettweis, X., Mabille, G., Erpicum, M., Van den Broeke, M., & Nicolay, S. (2010). The 1958–2008 Greenland ice sheet surface melt and the mid-tropospheric atmospheric circulation. *Climate Dynamics,* 36(1), 139-159.

Frich, P., Alexander, L. V., Della-Marta, P., Gleason, B., Haylock, M., Klein Tank A. M. G., & Peterson, T. (2002). Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century. *Climate Research, 19*, 193-212.

Gay-Garcia, C., Estrada, F., & Sanchez, A. (2009). Global and hemispheric temperatures revisited. *Climate Change, 94*(3), 333-349.

Gerstengarbe F. W. & Werner P. C. (2005). *Katalog der Grosswetterlagen Europas Nach Paul Hess und Helmuth Brewowsky 1881-2004*. Potsdam, Offenbach a.M.

Girjatowicz, J. P. (2001). Effects of atmospheric circulation on ice conditions in the southern Baltic coastal lagoons. *International Journal of Climatology*, *21*(13), 1593-1605.

Goodess, C. M. & Palutikof, J. P. (1998). Development of daily rainfall scenarios for southeast Spain using a circulation-type approach to downscaling. *International Journal of Climatology, 18*(10), 1051-1083.

Groissman, P. Y., Karl, T. R., & Easterling, D. R. (1999). Changes in the probability of heavy precipitation: important indicators of climatic change. *Climate Change, 42*(1), 243-283.

Gulev, S. K., Zolina, O., & Grigoriev, S. (2001). Extratropical cyclone variability in the Northern Hemisphere winter from the NCEP/NCAR reanalysis data. *Climate Dynamics, 17*(10), 795-809

Hanssen-Bauer, I. & Førland, E. (2000). Temperature and precipitation variation in Norway 1900-1994 and their links to atmospheric circulation. *International Journal of Climatology, 20*(14), 1693-1708.

Hellström, C. (2005). Atmospheric conditions during the extreme and non-extreme precipitation event in Sweden. *International Journal of Climatology, 25*(5), 631-648.

Hengl, T. (2007). *A practical guide to geostatistical mapping*. EUR 22904 EN─Joint Research Centre─ Institute for the Environment and Sustainability, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, pp. 143.

Hengl, T. & Conrad, O. (2010). Geostatistical mapping using gstat, geoR and SAGA GIS [pdf file]. Retrieved from: http://geostat-course.org/TOPIC3

Hess, P. & Brezowsky, H. (1952). Katalog der Großwetterlagen Europas (Catalog of the European Large Scale Weather Types, in German). Ber. Dt. Wetterd. in der US-Zone 33, BadKissingen, Germany.

Hewitson, B. & Crane, R.G. (1992). Regional climates in the GISS global circulation model and synoptic-scale circulation. *Journal of Climate, 5*, 1002-1011.

Hirsch, R. M., Slack, J. R., & Smith R. A. (1982). Techniques of trend analysis for monthly water quality data. *Water Resources Research*, *18*(1), 107-121.

Hirsch, R. M. & Slack J. R. (1984). A nonparametric trend test for seasonal data with serial dependence. *Water Resources Research*, *20*(6), 727-732.

Hulme, M. & Barrow, E. (Eds.) (1997). *Climate of the British Isles: present, past and future*. Routledge, London and New York: Routledge.

Husanović, E. & Malvić, T. (2014). Pregled dosadašnjih determinističkih geostatističkih kartiranja ležišta ugljovodonika u Republici Hrvatskoj te prednosti takvog pristupa. *Nafta, 65*(1), 64-68.

Huth, R. (1993). An example of using obliquely rotated principal components to detect circulation types over Europe. *Meteorologische Zeitschrift, 2*, 285-293.

Huth, R. (2000). A circulation classification scheme applicable in GCM studies. *Theoretical and Applied Climatology, 67*(1), 1-18.

Huth, R., Ustrnul, Z., Dittmann, E., Bissolli, P., Pasqui, M., & James, P. (2006). Inventory of Circulation Classification Methods and Their Applications in Europe within the COST 733 Action. Proceedings from: *The 5th Annual Meeting*

of the European Meteorological Society, Session AW8 – Weather types classifications (Eds. Tveito, E. O. & Pasqui, M.), 12-16 September 2005, Utrecht, Netherlands: COST Action 733 , 9-17.

Huth, R., Beck, C., Philipp, A., Demuzere, M., Ustrnul, Z., Cahynová, M., *et al.* (2008). Classification of Atmospheric Circulation Patterns. Recent Advances and Applications. *Trends and Direction in Climate Research: Ann. N.Y. Acad. Sci. 1146*, 105-152.

Huth, R. (2010). Synoptic-climatological applicability of circulation classifications from the COST733 collection: First results. *Physics and Chemistry of the Earth*, *35*(9-12), 388-394.

Jacobeit, J., Wanner, H., Luterbacher, J., Beck, C., Philipp, A., & Sturm, K. (2003). Atmospheric circulation variability in the North-Atlantic-European area since the mid-seventeenth century. *Climate Dynamics, 20*(4), 341-352.

Jacobeit, J. (2010). Classification in climate research. *Physics and Chemistry of the Earth*, *35*(9-12), 411-421.

James, P. M. (2006). Second generation lamb weather types – a new generic classification with evenly tempered type frequencies. Proceedings form: *The 6th Annual Meeting of the EMS/6th ECAC*, EMS2006A00441, Ljubljana, Slovenia.

James P. M. (2007). An objective classification method for Hess and Brezowsky Grosswetterlagen over Europe. *Theoretical and Applied Climatology, 88*(1), 17-42.

Jenkinson, A. F. & Collison, F. P. (1977). An initial climatology of gales over the North Sea. *Synoptic Climatology Branch Memorandum No. 62*, *Meteorological Office, Bracknell.*

Jones, P. D., Harpaman, C., & Briffa, K. R. (2013). Lamb weather Types derived from Reanalysis Product. *International Journal of Climatology, 33*(5), 1129-1139.

Kalkstein, L., Tan, G., & Skindlov, J. A. (1987). An evaluation of three clustering procedures for use in synoptic climatological classification. *Journal of Applied Meteorology, 26*, 717-730.

Károssy, C. (1987). Catalogue of the Péczely's macrosynoptic types (1983–1987) (In Hungarian). *Légkör, 32*(3), 28-30.

Károssy, C. (1994). Péczely's classification of macrosynoptic types and the catalogue of weather situations (1951–1992). In: *Light Trapping of Insects Influenced by Abiotic Factors, Part I* (Ed. Nowinsky, L.), Hungary, Szombathely: Savaria University Press, 117-130.

Károssy, C., (1997). Catalogue of Péczely's macrosynoptic weather situations (1993–1996). In: *Light Trapping of Insects Influenced by Abiotic Factors* (Ed. Nowinsky, L.), Part II, Hungary, Szombathely: Savaria University Press, 159-162.

Károssy, C. (2004). Péczely's macrosynoptic types, 1988–2003. Manuscript (In Hungarian).

Kassomenos, P. (2010). Synoptic circulation control on wild fire occurrence. *Physics and Chemistry of the Earth, 35*(9-12), 544-552.

Kendall M. (1975). *Multivariate Analysis*. London: Charles Griffin & Company.

Kilsby, C. G., Cowpertwait, P. S. P., O'Connel, P. E., & Jones, P. D. (1998). Predicting rainfall statistics in England and Wales using atmospheric circulation variables. *International Journal of Climatology, 18*(5), 523-539.

Kirchhofer, W. (1974). Classification of European 500 mb patterns. *Working report of Swiss Meteorological Institute, No. 43, Zurich, Switzerland*, 1-16.

Klein Tank, A. M. G., Wijngaard, J. B., Können, G. P., Böhm, R., Demarée, G., Gocheva, A., *et al.* (2002). Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. *International Journal of Climatology, 22*(12), 1441-1453.

Klein Tank, A. M. G. & Können, G. P. (2003). Trends in indices of daily temperature and precipitation extremes in Europe, 1946-99. *Journal of Climate, 16*, 3665-3680.

Knežević, S., Tošić, I., Unkašević, M., & Pejanović, G. (2014). The influence of the East Atlantic Oscillation to climate indices based on the daily minimum temperatures in Serbia. *Theoretical and Applied Climatology, 116*(3-4), 435-446.

Kolmogorov, A. (1941). Confidence limits for an unknown distribution function. *The Annals of Mathematical Statistics, 12*(4), 461-463.

Kostopoulou, E. & Jones, P. (2005). Assessment of climate extremes in the Eastern Mediterranean. *Meteorology and Atmospheric Physics, 89*(1), 69-85.

Kruizinga, S. (1979). Objective classification of daily 500 mbar patterns. In: *Preprints Sixth Conference on Probability and Statistics in Atmospheric Sciences*, ,9-10 October 1979, Banff, Alberta. Boston, MA: American Meteorological Society, 126-129.

Kutiel, H., Luković, J., & Burić, D. (2015). Spatial and temporal variability of rain-spells characteristics in Serbia and Montenegro. *International Journal of Climatology, 35*(7), 1611-1624.

Kyselý, J., 2002: Temporal fluctuations in heat waves at Prague-Klementinum, the Czech Republic, from 1901-1997, and their relationships to atmospheric circulation. *International Journal of Climatology, 22*, 33-50.

Kyselý, J. & Domonkos, P. (2006). Recent increase in persistence of atmospheric circulation over Europe: comparison with long-term variations since 1881. *International Journal of Climatology, 26*(4), 461–483.

Kyselý, J. & Huth, R. (2006). Changes in atmospheric circulation over Europe detected by objective and subjective methods. *Theoretical and Applied Climatology, 85*(1), 19-36.

Kyselý, J. & Huth, R. (2008). Relationships of surface air temperatures anomalies over Europe to persistence of atmospheric circulation patterns conductive to heat waves. *Advances in Geosciences, 14*, 243-249.

Kyselý, J. & Huth, R. (2010). Ralation between air masses and mortality in Seoul: Comparison of weather-type classifications. *Physics and Chemistry of the Earth, 35*(9-12), 536-543.

Lalić, D. (1967). Makro-tipovi atmosferske cirkulacije nad Jugoslavijom. SHMZ, Zbornik radova povodom proslave 20 godina rada i razvoja hidrometeorološke službe Jugoslavije, 271-300.

Lamb, H. H. (1972). British Isles Weather types and a register of daily sequence of circulation patterns, 1861-1971. *Geophysical Memoir, 116*, HMSO, London, pp. 85.

Lamb, H. H. (1991). British Isles daily wind and weather patterns 1588, 1781-86, 1972-91 and shorter early sequences (in 1532, 1570 and other years, notably 1688,

1689, 1694, 1697, 1703, 1717, 1783-4, 1791, 1792, 1795, 1822, 1825, 1829, 1845, 1846, 1849, 1850, 1854-5). *Climate Monitor, 20*, 47-70.

Litynski, J. (1969). A numerical classification of circulation patterns and weather types in Poland (in Polish). *Prace Panstwowego Instytutu Hydrologiczno-Meteorologicznego, 97,* 3–15.

Lorenzo, M. N., Ramos, A. M., Taboada, J. J., & Gimeno, L. (2011a). Changes in Present and Future Circulation Types Frequency in Northwest Iberian Peninsula. *PLOS ONE, 6*(1), e16201.

Lorenzo, M. N., Taboada J. J., Lorenzo J. F., & Ramos A. M. (2011b). Influence of climate on grape production and wine quality in the Rías Baixas, north-western Spain. *Regional Environmental Change, 13*(4), 887-896.

Luković, J., Bajat, B., Blagojević, D. & Kilibarda, M. (2014). Spatial pattern of recent rainfall trends in Serbia (1961-2009). *Regional Environmental Change, 14* (5), 1789-1799.

Lund, I. A. (1963). Map-pattern classification by statistical methods. *Journal of Applied Meteorology, 2*, 56-65.

Lupikasza, E. (2010). Relation between occurrence of high precipitation and atmospheric circulation in Poland using different classifications of circulation types. *Physics and Chemistry of the Earth, 35*(9-12), 448-455.

Luterbacher, J., Xoplaki, E., Dietrich, D., Rickli, R., Jacobeit, J., & Beck, C. (2002). Reconstruction of Sea Level Pressure fields over the Eastern North Atlantic and Europe back to 1500. *Climate Dynamics, 18*(7), 545-561.

Makra, L. (2005). Relation of pollutant concentrations to the Peczely's large scale weather situations in Szeged, Southern Hungary. *Epidemiology, 16*(5), S63-S63.

Makra, L. (2006). Comparison of objective air-mass types and the Péczely weather types and their ability of classifying airborne pollen grain concentrations in Szeged, Hungary. *Epidemiology, 17*(6), S293-S293.

Makra, L., Juhász, M., Mika, J., Bartzokas, A., Béczi, R., & Sümeghy, Z. (2007). Relationship between the Péczely's large-scale weather types and airborne pollen grain concentrations for Szeged, Hungary. *Grana, 46*(1), 43-56.

Makra, L., Mika, J., Bartzokas, A., Béczi, R., & Sümeghy, Z. (2007). Comparison of objective air-mass types and the Péczely weather types and their ability to

classify levels of air pollutants in Szeged, Hungary. *International Journal of Environment and Pollution, 36*(1-3), 81-98.

Malinović-Milićević, S., Radovanović, M., Stanojević. G., & Milovanović, B. (2015). Recent changes in Serbian climate extreme indices from 1961 to 2010. *Theoretical and Applied Climatology*, Online first, DOI 10.1007/s00704-015-1491-1

Mann, H. B. (1945). Nonparametric tests against trend. *Econometrica, 13*(3), 245-259.

Michaelides, S. C., Pattichis, C. S., & Kleovoulou, G. (2001). Classification of rainfall variability by using artificial neural networks. *International Journal of Climatology, 21*(11), 1401-1414.

Michaelides, S. C., Liassidou, F., & Schizas, C. N. (2007). Synoptic classification and establishment of analogues with artificial neural networks. *Pure and Applied Geophysics, 164*(6), 1347-1364.

Миловановић, Б., Радовановић, М., Станојевић, Г., Пецељ, М. и Николић, Ј. (2015). *Клима Србије*. У М. Радовановић (Ур.), *Географија Србије*, Београд: Географски институт „Јован Цвијић" Српске академије наука и уметности, *У припреми за штампу*.

McKendry, I. G., Stahl, K., & Moore, R. D. (2006). Synoptic sea-level pressure patterns generated by a general circulation model: comparison with the types derived from NCEP/NCAR re-analysis and implications for downscaling. *International Journal of Climatol*ogy, *26*(12), 1727-1736.

Moberg, A., Jones, P. D., Lister, D., Walther, A., Brunet, M., Jacobeit, J., *et al.* (2006). Indices for daily temperature and precipitation extremes in Europe analyzed for the period 1901-2000. *Journal of Geophysical Research, 111*, D22.

Müller, G. V., Compagnucci, R., Nuñez, M. N., & Salles, A. (2003). Surface circulation associated with frost in the wet Pampas. *International Journal of Climatol*ogy, *23*(8), 943-961.

Nikiforov, A. M. (1994). Algorithm AS 288: Exact two-sample Smirnov test for arbitrary distributions. *Applied.statistics, 43*(1), 265-270.

Nowosad, M. (2011). Variability of meridional circulation index over Poland according to the Lityńsky classification formula. *Prace i Studia Geograficzne, T 47*, 41-48.

Péczely, G., (1957). Grosswetterlagen in Ungarn (in German). *Kleinere Veröffentlichungen der Zentralanstalt für Meteorologie, No. 30*, Budapest, Hungary, pp. 86

Péczely, G., (1983). Catalogue of Macrosynoptic Situations of Hungary in Years 1881–1983 (in Hungarian). *OMSz Kisebb Kiadványai, No. 53*, Budapest, Hungary.

Paredes, D., Trigo, R. M., Garcia-Herrera, R., & Trigo, I. F. (2006). Understanding Precipitation Changes in Iberia in Early Spring: Weather Typing and Storm-Tracking Approaches. *Journal of Hydrometeorology, 7*, 101-113.

Petisco, S. E., Martín, J. M., & Gild, D. (2005). A method for precipitation downscaling (in Spanish). *Nota técnica no. 11 del Servicio de Variabilidad y redicción del Clima*, INM, Madrid, Spain.

Philipp, A., Della-Marta, P. M., Jacobeit, J., Fereday, D. R., Jones, P. D., Moberg, A. & Wanner, H. (2007). Long term variability of daily North Atlantic–European pressure patterns since 1850 classified by simulated annealing clustering. *Journal of Climate, 20*, 4065-4095.

Philipp, A., Bartholy, J., Beck, C., Erpicum, E., Esteban, P., Fettweis, X., *et al.* (2010). Cost733cat – A database of weather and circulation type classifications. *Physics and Chemistry of the Earth, 35*(9-12), 360-373.

Pianko-Kluczynska, K. (2007). New Calendar of Atmosphere Circulation Types According to J. Litynski (in Polish). *Wiadomosci Meteorologii Hydrologii Gospodarki Wodnej, 1*(4), pp. 65–85, Retrived from: http://psjc-old.icm.edu.pl/psjc/cgi-bin/getdoc.cgi?AAAA0208108

Pineda, N, Esteban, P., Trapero L., Soler, X., & Beck, C. (2010). Circulation types related to lightning activity over Catalonia and the Principality of Andorra. *Physics and Chemistry of the Earth, 35*(9-12), 469-476.

Prudhomme, C. & Genevier, M. (2011). Can atmospheric circulation be linked to flooding in Europe? *Hydrological Processes, 25*(7), 1180-1190.

Radinović, DJ. (1965). Cyclonic activity in Yugoslavia and surronding areass, *Arch. Met. Geoph, Biokl., A14*, 392-408.

Radinović, DJ. & Mesinger, F. (1968). Dinamičke i energetske karakteristike razvoja ciklona od 24. oktobra 1964. u zapadnom Sredozemlju. *Rasprave 7, Prirodno-matematički fakultet u Beogradu-Meteorološki zavod, Beograd,* стр. 129.

Radinović, Đ.. (1981). Vreme i klima Jugoslavije. Beoograd: IRO Građevinska knjiga.

Радиновић, Ђ. & Дуцић, В. (1998). Клима Србије; Србија на прагу трећег миленијума. *Рукопис*, Београд: Српско географско друштво.

Радовановић, М. (2001). Утицај рељефа и атмосферске циркулације на диференцијацију климата у Србији (Необјављена докторска дисертација). Географски факултет Универзитета у Београду, Београд.

Ракићевић, Т. (1980). Климатско рејонирање СР Србије. *Зборник радова, ПМФ, Београд, 27*, 29-41.

Ramos, A. M., Lorenzo, M. N., & Gimeno, L. (2010).Compatibility between modes of low-frequency variability and circulation types: a case study of the northwest Iberian Peninsula. *Journal of Geophysica. Research: Atmos*pheres, *115*, D02113.

Ramos, A. M., Ramos, R., Sousa, P., Trigo, R. M., Janeira, M., & Prior, V. (2011). Cloud to ground lightning activity over Portugal and its association with circulation weather types. *Atmospheric Research, 101*(1-2), 84-101.

Rasilla, D.F., García-Codron, J.C., Carracedo, V., & Diego, C. (2010). Circulation patterns, wildfire risk and wildfire occurrence at continental Spain. *Physics and Chemistry of the Earth, 35*(9-12), 553-560.

Richman, M. B. (1981). Obliquely rotated principal components: an improved meteorological map typing technique? *Journal of Applied Meteorology*, *20*, 1145-1159.

Savić, S., Milovanović, B., Lužanin, Z., Lazić, L., & Dolinaj, D. (2015). The variability of extreme temperatures and their relationship with atmospheric circulation: the contribution of applying linear and quadratic models. *Theoretical and Applied Climatology, 121*(3-4), 591-604.

Saunders, I. R. & Byrne, J. M. (1996). Generating regional precipitation from observed and GCM synoptic-scale pressure fields, southern Alberta, Canada. *Climate Research, 6*, 237-249.

Šegota, T. (1976). *Klimatologija za geografe*. Zagreb: Školska knjiga.

Sepp, M. & Jaagus, J. (2002). Frequency of circulation patterns and air temperature variations in Europe. *Boreal Environment Research, 7*, 273-279.

Shelton, L. M. (2009). *Hydroclimatology. Perspectives and Applications*. New York: Cambridge University Press.

Sluiter, R. (2009). *Interpolation methods for climate data*. Literature review. KNMI intern rapport ; IR 2009-04, pp. 24.

Smirnov, N. V. (1939). On the estimation of the discrepancy between empirical curves of distribution for two independent samples. *Bulletin Moscow University, 2*, 3-14.

Spinoni, J., Szalai, S., Szentimerey, T., Lakatos, M., Bihari, Z., Nagy, A., *et al.* (2015). Climate of the Carpathian Region in the period 1961-2010: climatologies and trends of 10 variables. *International Journal of Climatology, 35*(7), 1322-1341.

Станојевић, Г. (2010). Класификације циркулације атмосфере. *Зборник радова Географског инстутута „Јован Цвијић" САНУ, 60*(2), 27-37.

Станојевић, Г. (2011). Анализа варијабилности сезонских температура ваздуха на простору Србије. *Зборник радова, Трећи конгрес српских географа*, 171-181.

Станојевић, Г. (2012). Анализа годишњих падавинских сума на простору Србије. *Зборник радова Географског института „Јован Цвијић" САНУ, 62*(2), 1-13.

Schiemann, R. & Frei, C. (2010). How to quantify the resolution of surface climate by circulation types: An example for Alpine precipitation. *Physics and Chemistry of the Earth, 35*(9-12), 403-410.

Schmutz, C. & Wanner, H. (1998). Low frequency variability of atmospheric circulation over Europe between 1785 and 1994. *Erdkunde, 52*(2), 81-94.

Sheridan, S. C. (2002). The Redevelopment of a Weather-Type Classification Scheme for North America. *International Journal of Climatology, 22*(1), 51-68.

Stefan, S., Necula, C., & Georgescu, F. (2010). Analysis of long-range transport of particulate matters in connection with air circulation over Central and Eastern part of Europe. *Physics and Chemistry of the Earth, 35*(9-12), 523-529.

Tošić, I. (2004). Spatial and temporal variability of winter and summer precipitation over Serbia and Montenegro. *Theoretical and Applied Climatology, 77*(1-2), 47-56.

Tošić, I. & Unkašević, M. (2013). Extreme daily precipitation in Belgrade and their links with the prevailing directions of the air trajectories. *Theoretical and Applied Climatology, 111*(1-2), 97-107.

Tošić, I. & Unkašević, M. (2014). Analysis of wet and dry periods in Serbia. *International Journal of Climatology, 34*(5), 1357-1368.

Tošić, I., Hrnjak, I., Gavrilov, M. B., Unkašević, M., Marković, S., & Lukić, T. (2014). Annual and seasonal variability of precipitation in Vojvodina, Serbia. *Theoretical and Applied Climatology, 117*(1-2), 331-341.

Tošić, I., Unkašević, M., & Putniković, S. (2016). Extreme daily precipitation: the case of Serbia in 2014. *Theoretical and Applied Climatology*, Online first, DOI 10.1007/s00704-016-1749-2

Trigo, R. M. & DaCamara, C. C. (2000). Circulation weather types and their influence on the precipitation regime in Portugal. *International Journal of Climatology, 20*(13), 1559-1581.

Trigo, I. F. (2006). Climatology and interannual variability of storm-tracks in the Euro-Atlantic sector: a comparison between ERA-40 and NCEP/NCAR reanalyses. *Climate Dynamics, 26*(2), 127-143.

Tveito, O. E. (2002). An objective comparison of observed and forecasted 24-hour precipitation, a spatial analysis. *KLIMA, No. 10/02*, Norwegian Meteorological, Insitute, Oslo, pp. 57

Tveito, O. E. & Schöner, W. (Eds.) (2002). Applications of spatial interpolation of climatological and meteorological elements by the use of Geographical Information Systems (GIS). *KLIMA, No. 28/02*, Norwegian Meteorological, Insitute, Oslo, pp. 43.

Tveito, O. E. (2007). Spatial Distribution of Winter Temperatures in Norway Related to Topography and Large-scale Atmospheric Circulation. *IAHS Publication, 309*, 186-194.

Tveito, O. E. (2010). An assessment of circulation type classifications for precipitation distribution in Norway. *Physics and Chemistry of the Earth, 35*(9-12), 395-402.

Unkašević, M. & Radinović, DJ. (2000). Statistical analysis of daily maximum and monthly precipitation at Belgrade. *Theoretical and Applied Climatology, 66*(3), 241-249.

Unkašević, M., Tošić, I., & Vujović, D. (2004). Variability and probability of annual and extreme precipitation over Serbia and Montenegro. *Theoretical and Applied Climatology, 79*(1-2), 103-109.

Unkašević, M., Vujović, D., & Tošić, I. (2005). Trends in extreme summer temperatures at Belgrade. *Theoretical and Applied Climatology, 82*(3-4), 199-205.

Unkašević, M. & Tošić, I. (2009). Changes in extreme daily winter and summer temperatures in Belgrade. *Theoretical and applied climatology, 95*(2), 27-38.

Unkašević, M. & Tošić, I. (2009). An analysis of heat waves in Serbia. *Global and Planetary Change, 65*(1-2), 17-26.

Unkašević, M. & Tošić, I. (2011). A statistical analysis of the daily precipitation over Serbia: trends and indices. *Theoretical and Applied Climatology, 106*(1-2), 69-78.

Unkašević, M. & Tošić, I. (2013). Trends in temperature indices over Serbia: relationships to large-scale circulation patterns. *International Journal of Climatology, 33*(15), 3152-3161.

Unkašević, M. & Tošić, I. (2015). Seasonal analysis of cold and heat waves in Serbia during the period 1949-2012. *Theoretical and Applied Climatology, 121*(1-2), 289-301.

Ustrnul, Z. & Czekierda, D. (2001). Circulation background of the atmospheric precipitation in the Central Europe (based on Polish example). *Meteorologische Zeitschrift, 10*(2), 901-908.

Ustrnul, Z. (2006). Spatial differentiation of air temperature in Poland using circulation types and GIS. *International Journal of Climatology, 26*(11), 1529-1546.

Ustrnul, Z., Czekierda, D., & Wypych, A. (2010). Extreme values of air temperature in Poland according to different atmospheric circulation classifications. *Physics and Chemistry of the Earth, 3*(9-12), 429-436.

Ustrnul, Z., Agnieszka Wypych, A., & Czekierda, D. (2013). Composite circulation index of weather extremes (the example for Poland). *Meteorologische Zeitschrift, 22*(5), 551-559.

Vicente-Serrano, S. M., Trigo, R. T., López-Moreno, J. I., Liberato, M. L. R., Lorenzo-Lacruz, J., Beguería, S., *et al.* (2011). Extreme winter precipitation in the Iberian

Peninsula in 2010: anomalies, driving mechanisms and future projections. *Climate Research, 46*(1), 51-65.

Vujević, P. (1953). Podneblje FNR Jugoslavije. *Arhiv za poljoprivredne nauke, 6*(12), str.. 42.

Wang, X. L. (2008a). Accounting for autocorrelation in detecting mean-shifts in climate data series using the penalized maximal *t* or *F* test. *Journal of Applied Meteorology and Climatology, 47*(9), 2423-2444.

Wang, X. L. (2008b). Penalized maximal F-test for detecting undocumented mean-shifts without trend-change. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology, 25*(3), 368-384.

Wang, X. L. & Feng, Y. (2013). RHtestsV4 User Manual. Climate Research Division, Atmospheric Science and Technology Directorate, Science and Technology Branch, Environment Canada. 28 pp. Retrieved from http://etccdi.pacificclimate.org/software.shtml

Werner P. C., Gerstengarbe, F. W., Fraedrich, K., & Oesterle, H. (2000). Recent climate change in the North Atlantic/European sector. *International Journal of Climatology, 20*(5), 463-471.

Wiedemann, J. M., Lupo, A. R., Mokhov, I. I., & Tikhonova, E. A. (2002). The climatology of blocking anticyclones for the Northern and Southern Hemispheres: block intensity as a diagnostic. *Journal of Climate, 15*(23), 3459-3473.

Wilby, R. L., Barnsley, N., & O’Hare, G. (1995). Rainfall variability associated with Lamb weather types: the case for incorporating weather fronts. *International Journal of Climatology, 15*(11), 1241-1252.

Yan, Z., Jones, P. D., Davies, T. D., Moberg, A., Bergström, H., Camuffo, D., *et al.* (2002). Trends of extreme temperature in Europe and China based on daily observation. *Climate Change, 53*, 355-392.

Yarnal, B. (1984). A procedure for the classification of synoptic weather maps from gridded atmospheric pressure surface data. *Computers & Geosciences, 10*(4), 397-410.

Yarnal, B. (1993). *Synoptic Climatology in Environmental Analysis*. London, UK: Belhaven Press.

Yarnal, B., Comrie, A. C., Frakes, B., & Brown, D. P. (2001). Developments and Prospects in Synoptic Climatology. *International Journal of Climatology, 21*(15), 1923-1950.

*** T*he Use of Geographic Information Systems in Climatology and Meteorlogy*. *Final report, COST Action 719* (Eds. Tveto, O.E, Wegehenkel, M., Wel, F.V.D., & Dobesch, H.). Belgium: COST Office.

БИОГРАФИЈА АУТОРА

Горица Станојевић рођена је 30.05.1983. године у Ваљеву где је завршила основну и средњу школу. Географски факултет Универзитета у Београду уписала 2003. године. На истом факултету дипломирала 2008. године, а 2010. године одбранила мастер рад под називом „Хес-Брезовски типологија циркулације атмосфере и колебање климе у Србији". Докторске студије је уписала школске 2010/2011. године. Од стране Универзитета у Београду, 20. маја 2014. године одобрена јој је израда докторске дисертације под насловом „Атмосферска циркулација као фактор просторне расподеле температура ваздуха и падавина у Србији".

Објавила је преко 20 научних и стручних радова и учествовала на већем броју домаћих и међународних семинара и конференција. Од 2011. године као истраживач сарадник запослена у Географском институту „Јован Цвијић" САНУ, где је ангажована на пројекту Географија Србије (2011-2016, Министарство за науку и технолошки развој Републике Србије).

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а Горица Б. Станојевић

број индекса 3/2010

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Атмосферска циркулација као фактор просторне расподеле температура ваздуха и падавина у Србији

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 04.05.2016. год.

Горица Станојевић

Прилог 2.

Изјава о истоветности штампане и електронске верзије докторског рада

Име и презиме аутора Горица Б. Станојевић

Број индекса 3/2010

Студијски програм географија

Наслов рада Атмосферска циркулација као фактор просторне расподеле температура ваздуха и падавина у Србији

Ментор Др. Владан Дуцић

Потписани/а Горица Б. Станојевић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду.**

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 04.05.2016. год.

Горица Станојевић

Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић" да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Атмосферска циркулација као фактор просторне расподеле температура ваздуха и падавина у Србији

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство

2. Ауторство - некомерцијално

3. Ауторство – некомерцијално – без прераде

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима

5. Ауторство – без прераде

6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду 04.05.2016. год.

Горица Станојевић

1. Ауторство - Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. Ауторство – без прераде. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољавате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.